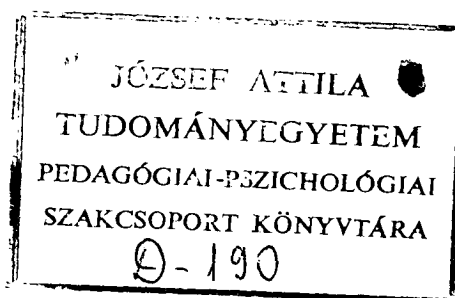


SZEMLÉLETES GONDOLKODÁS A MŰSZAKI TÁRGYAK
TANULÁSÁBAN - TANÍTÁSÁBAN

E g y e t e m i d o k t o r i é r t e k e z é s



Vetési Vince

1 9 7 8 .

T A R T A L O M

Bevezetés.....	3
I. A determinizmus elve és a műszaki gondolkodás pszichológiai elmélete.....	4
1. A gondolkodás fejlődése és típusai	10
2. Műszaki gondolkodás és szemléletes gondolkodás.	28
3. A gondolkodás módszerének kialakulása, a gon- dolkodásban való jártasság kialakulása - kü- lönös tekintettel a szemléletes műszaki gon- dolkodásra.....	44
4. A gondolkodási tevékenység hibái	53
II. Az analízis és szintézis folyamata a műszaki gon- dolkodásban	58
III. A műszaki gondolkodás pszichológiai vizsgálata, konkrét műszaki feladat megoldása alapján	62
1. Az analízis és szintézis egy mértani feladat megoldásában.....	64
2. A műszaki feladatok megoldásainak sajátosságai, a kísérlet feladata.....	66
3. A kísérleti feladat és megoldása.....	74
4. A kísérleti személyek feladatmegoldásai.....	77
a./ Sikertelen megoldások.....	77
b./ Jó megoldás, kis segítséggel.....	80
c./ Optimális megoldás.....	85
d./ Rendhagyó megoldások.....	89
5. Konkluzió.....	95
Irodalomjegyzék	98
Jegyzőkönyvek.....	102
Melléklet: a kísérlet dokumentumai /iratgyűjtőben./	

B e v e z e t é s .

Az utóbbi évtizedek tudományos és technikai forradalma új típusu, új szemléletű szakembereket igényel. Általános követelmény, hogy a munkás gépének ne kiszolgálója, hanem értelmes irányítója legyen. Ismernie kell fizikai munkájának műszaki- elméleti vonatkozásait, hogy ezek birtokában ésszerűen tervezze és szervezze tevékenységét.

A technika továbbfejlődése csak értelmi képességeiben fejlett, intelligens és alkotó szakmunkások kinevelésével lehetséges. Ez olyan társadalmi igény, hogy a szakmunkások képzésében feltétlenül helyet kell kapnia az erre való felkészítésnek. Az ifjúság oktatása, nevelése során figyelembe kell venni azt a társadalmi elvárást, miszerint a jövő szakemberének mozgékony szellemre és széleskörű alapképzettségre van szüksége: a társadalom konvertibilis képzettséget vár a jövő szakemberétől - főként a műszaki életben.

Legszembetűnőbb lehetőségként mutatkozik a fentiek realizálására a helyes műszaki szemlélet és a produktív műszaki gondolkodásmód kialakítása.

E dolgozat a műszaki gondolkodás sajátosságait, kialakításának, fejlesztésének módjait igyekszik feltárni. A vizsgálódás e kis részfeladattal kíván hozzájárulni az új tudományos és technikai vívmányok által megkövetelt szakmunkások neveléséhez, oktatásához.

A kutatás pedagógiai, pszichológiai irodalmak tanulmányozására, konkrét / e célra konstruált / műszaki feladat kísérleti megoldásainak elemzésére, valamint a gyakorlati oktató- nevelő munka során szerzett tapasztalatokra épül.

A DETERMINIZMUS ELVE ÉS A MŰSZAKI GONDOLKODÁS PSZICHOLÓGIAI ELMÉLETE

A pszichológia bármely területét vizsgáljuk - így pl. a gondolkodási folyamatok pszichológiáját is - , az egész vizsgálat és a vizsgálati módszer, a jelenségek értelmezési módja, mind függ attól az elméleti alaptól, amivel megközelítjük, attól, hogy milyen általános elméleti alaptól indulunk ki. Ez az általános elméleti alap a pszichikus jelenségek determinizmusának dialektikus materialista elve, amit a gondolkodással kapcsolatban legrészletesebben Rubinsztejn fejtett ki.

Ez az elv a pszichikus jelenségek tudományos megismerésének alapja.

A dialektikus materialista determinizmus - ellentétben a mechanikus determinizmus felfogásával - valamennyi hatás kölcsönösségét vallja. Állítása szerint a külső okok hatása meghatározott a belső feltételek által. Azt fejezi ki, hogy " a külső okok belső feltételek közvetítésével hatnak ", illetve ezen külső okok hatása módosítja a belső feltételeket is. / Rubinsztejn, Sz.L. 1960.6.o./

A külső okok és a belső feltételek kapcsolatát világítja meg a tükrözés elmélete.

A tükrözés, mint az anyag általános sajátossága azt fejezi ki, hogy a külső hatótényezők a dolgoknak és jelenségeknek a legbelső jellemzőit is befolyásolják. A külső hatások mintegy megragadnak a dolgok belső természetében, s a ráhatások következtében úgy tárolódnak, hogy a dolgokban visszatükröződik a vele kapcsolatban lévő valamennyi tárgy. Két ható jelenség esetében az a jelenség, amire a másik hat, belső sajátosságaival módosítja a ható jelenséget, " fénytörést " szenved. Egyszerűbben: a hatást gyakorló test vagy jelenség által kiváltott változás nemcsak a hatótényező tulajdonságaitól, de a hatás

alatt lévő tárgy vagy jelenség belső sajátosságaitól is függ ! A világon valamennyi tényező, jelenség, dolog összefüggésben van egymással, tehát így minden determinálva van. Ez nem jelenti azt, hogy minden levezethető az egzisztáló okokból, függetlenül a jelenségek belső sajátosságaitól és összefüggésétől.

A tükrözés elméletének ezen általános megállapításai érvényesek a pszichikus tükrözésre, tükröződésre is. Nem azt jelenti ez, hogy a dolgokban, tárgyakban, tehát az anyagi világban ugyanugy megtalálható a tudat, mint a szubjektumban, de az anyagi világban is megtalálhatók a formálisan hasonló vonások, megvannak a tudat kifejlődésének elemi előfeltételei.

A tükrözés és a determinizmus dialektikus materialista elmélete a pszichikus jelenségek tudományos megismerésének is alapját képezi. A dialektikus materialista determinizmus a hatások kölcsönösségét bizonyítja. A külső hatások eredményei a belső feltételek által is determináltak. A tükrözés elve pedig annyiféle alakban jut érvényre, mint ahányféle a jelenségek kölcsönhatásának variációja.

Érvényesülése tapasztalható az agyműködés reflex-jellegében is. A reflextevékenység nem más, mint az agy működése, amikor is az ingerek hatására " válaszol " a legmagasabban szerveződött anyag, megvalósítva az egyén kölcsönhatását a környezetével. A reflextevékenység nem csupán a morfológiailag rögződött pályán zajlik, hanem kiterjeszthető a pszichikus tevékenységekre is. Pavlov bizonyító kísérletek eredményei alapján állapíthatta meg, hogy " Az analizátorok...reflexes idegtevékenységük folyamán törvényszerűen jönnek létre észleletek, tehát pszichikus jelenségek. " /Rubinsztejn, Sz.L.1967/c. 16.o./

A reflex-elv a pszichikus folyamatokban azt jelenti, hogy pszichikus jelenségek létrejötte nem a " külső rá-

hatások passzív recepciójának " tudható be, hanem a külső ráhatások által kiváltott agyi reflektáló tevékenységnek köszönhető, mely az egyénnek a környezetével való kölcsönhatását adja meg. A pszichikus jelenségek az agyi választévékenység útján, a külső ráhatások által determináltak.

A reflektivitás elvének mai értelmezése Szecsenovtól származik. Ő terjesztette ki hatását az agy működésére. Szerinte a pszichikus folyamat nem valami megfoghatatlan, misztikus dolog, hanem az agy reflextevékenységének egyik alkotó, "integráns" része. Az agyreflexek "pszichikusan bonyolódnak", s " nem kapcsolódnak... a morfológiailag rögződött pályákhoz". / Rubinsztejn, Sz.L.1967/c.15.o./ A reflextevékenységnek része tehát a pszichikus folyamat, de maguk a pszichikus folyamatok is a reflex-elv alapján mennek végbe. Bár a pszichikus tevékenység nem azonos az idegi, fiziológiai tevékenységgel, mégis kiterjeszthető rá a reflex-elv. "A reflex-tevékenység idegi tevékenység is, pszichikus is. " / Rubinsztejn, Sz.L.1967./c.15-16.o./ A gondolatot Pavlov továbbfejlesztette a "magasabb rendű idegműködésre" vonatkozó tanaiban.

A pszichikus jelenségek tehát nem mechanikus válaszreakciók, nem a ráhatások közvetlen következményei. A külső hatások és a pszichikus jelenségek közé beiktatódnak az agy választévékenységei is. Így érvényes a determinizmus dialektikus materialista elve az agy pszichikus tevékenységére.

Ha belátjuk az agyműködés reflexes jellegét, egyszersmind beláttuk azt is, hogy a pszichikus jelenségek a környezet, a valóság tükröződései. Így igazolt az a tétel, miszerint a pszichikus tevékenységek is az agyműködés szüleményei, s az objektív világ visszatükröződései.

A pszichikus tevékenységek között fontos helyet foglalnak el az ember megismerő tevékenységei, a megismerés folya-

mata, ami nem más, mint: "...állandó körforgás a konkrét valóság, a konkrétáról nyert érzéketek, szemléletek és az absztrakt ismeret között./Dr.Ágoston Gy.1966.65.o./

Az ember megismerő tevékenysége és az objektív valóság közötti kapcsolatban a dialektikus materializmus tükrözési elmélete azonban mint speciális tükrözési elmélet jelentkezik: az ismeretelméleti tükrözési elv. A kérdés lényegét Sz.L. Rubinsztejn fogalmazta meg: " A dialektikus materializmus tükrözési elmélete lényegében a determinizmus... dialektikus materialista elvének kiterjesztése az ismeretelméletre." /Rubinsztejn, Sz.L.1967/c. 18.o./

Rubinsztejn a determinizmus elvét nemcsak általánosan fejti ki, hanem a gondolkodással kapcsolatban is. A kiváló szovjet filozófus és pszichológus részletesen elemzi e témát a Gondolkodáslélektani vizsgálatok c. munkájában. / 11 - 23 oldal./

A gondolkodás menetét, formáit, műveleteit, módjait erősen meghatározzák a külső hatások, de függ a belső feltételektől is. A külső hatások miközben befolyásolják a gondolkodás módját, alakítják és fejlesztik a belső feltételeket is.

A belső feltételek között szerepelnek egyrészt az ember öröklött tulajdonságai, adottságai, másrészt a születés pillanatától kezdve tanult pszichikus tulajdonságai, ismereti tevékenységrendszere, benne a képzetekkel, fogalmakkal, jártasságokkal, készségekkel, stb. Belső feltétellel az olyan gondolkodásbeli előrehaladott állapot is, amely lehetővé teszi az ismeretelsajátítási aktust. Az elsajátított ismeretek pedig újabb belső feltételekké válnak. Ez a magyarázata az egyre magasabbrendű gondolkodási folyamat létrejöttének.

A külső hatások következtében alakulnak ki a belső feltételek és az újabb külső hatások a már meglévő belső feltételek révén hatnak, de egyuttal a belső feltételeket is módosítják. Köztük állandó kölcsönhatás van.

A gondolkodás esetében ez a kölcsönhatás a gondolkodás tárgya és a gondolkodás módja, formái, módszerei között valósul meg.

A gondolkodás folyamatát tehát meghatározza a gondolkodás tárgya, tartalma, de az ember előzetesen elsajátított tapasztalatai is. A gondolkodás tárgya azonban nem közvetlenül határozza meg a gondolkodást, hanem közvetetten. Ahhoz ugyanis, hogy a tárgyról kapott érzéketi adatok hassanak a gondolkodásra, ezeknek előbb az analízis, szintézis, absztrakció és általánosítás műveletei segítségével a nyelvi és kognitív szférába történő leképezésére van szükség.

A gondolkodás az érzéki megismerésre, a megismerés első jelzőrendszerbeli szakaszára épül. Sz.L. Rubinstein a következőképpen fogalmaz: " A gondolkodás a szubjektum megismerő tevékenysége, de a gondolkodásból semmit sem érthetünk meg, ha először pusztán szubjektív tevékenységnek tekintjük, s csak azután másodlagosan vonatkoztatjuk a létre; a gondolkodásból semmit sem érthetünk meg, ha kezdetől fogva nem értelmezzük úgy, mint a lét megismerését. " /Rubinstein, Sz.L., 1967./a.113.o./

Itt a fogalom meghatározásán túl a gondolkodás lényegi strukturája is megfogalmazódik. Tehát a gondolkodás a szubjektum megismerő tevékenysége, s egyuttal a "lét visszatükröződése" is.

Igaz, hogy a gondolkodás a szubjektumban lezajló folyamat, de végeredményében meghatározzák azok a tárgyak, az objektív külvilág azon tárgyai, amikre a gondolkodás irányul. Bizonyos értelemben másként gondolkodunk, ha filozófiáról, ismét másként, ha irodalomról gondolkodunk. És ismét más a gondolkodási folyamatunk, ha egy műszaki mechanizmusról, vagy gépről gondolkodunk. Ha a gondolkodásunk helyes és tárgya a műszaki tudományok tárgyai, kapcsolatai, akkor műszaki gondolkodásról beszélünk.

Ha gondolkodásról van szó, többnyire a fogalmi gondolkodást szoktuk érteni, mert a gondolkodás közvetített jellege ebben nyilvánul meg leginkább. Azonban a gondolkodás nem csak ez, hanem van olyan gondolkodás is, ami képi, vizuális szinten zajlik le. Ebben az esetben az érzékelésnek óriási szerepe van. Például a képi gondolkodás közvetlenebbül függ össze az érzékeléssel, mint az elvont. Tehát a képi gondolkodás esetében az érzékelésnek más a szerepe, mint a nyelvi gondolkodás esetében. Különösképpen igaz ez a műszaki gondolkodás folyamatára, ahol - bár a cselekvéses, képi és elvont gondolkodási formák nem minőségbeni különbséget jelentenek, hanem a műszaki gondolkodás sajátosságából adódó, a gondolkodás tárgyától, tartalmától függő egyenértékű mozzanatok - , az érzékelésre közvetlenül támaszkodó cselekvéses és képi gondolkodási elemek, a mennyiséget és minőséget tekintve is, nagy szerepet játszanak.

Hagyományosan és hosszú időn keresztül a gondolkodás pszichológiájából az ilyen fajta gondolkodás vizsgálata kimaradt. Sajátosan, tulajdonképpeni gondolkodásnak csak a fogalmi gondolkodást értették, illetve azt ami képi, vagy konkrét gondolkodás, azt a fejletlen gondolkodás sajátosságának tekintették.

1. A g o n d o l k o d á s f e j l ő d é s e é s t i p u s a i

A gondolkodás fejlődése elméletének tisztázása nélkül nem léphetünk tovább, hisz ez a szemléletes műszaki gondolkodás vizsgálatának is alapja.

A gondolkodás fejlődéséről többféle felfogásmóddal találkozunk.

Piaget elsősorban a műveletek oldaláról nézte a gondolkodási folyamat fejlődését. Szerinte az első fejlődési fokozat a szenzomotorikus szint. Ezt követi a műveletek előtti, majd a konkrét műveletek szintje. Az utolsó fokozat pedig az értelmi vagy logikai műveletek szintje. Szavaival: " az intellektus fejlődésének négy egymás utáni következő stádiuma: I. a szenzo-motoros periódus /0 - 2 év/; II. művelet előtti gondolkodás / 2 - 7 év /; III. konkrét műveletek / 7 - 11 év /; IV. formális műveletek / 11 évtől." /Idézi Horváth Gy. 1972.27.o./Ezek a fokozatok az érési folyamatok következtében egymásra épülő stádiumok, amelyek bizonyos életkorban törvényszerűen követik egymást.

Vigotszkij a fogalmak oldaláról, a fogalmi fejlődés oldaláról vizsgálja a gondolkodás fejlődését. Megkülönbözteti a kisgyermeknél a fogalom előtti időszakot / a Piaget-féle konkrét műveletek és a még korábbi szakasznak feleltethető meg/, amit komplexusok szakaszának nevez, és a logikus fogalmak stádiumát - a felnőtt embernél.

A komplexusok szakaszában a gyermek nem olyan értelemben fogalmakban gondolkodik, mint a felnőtt ember, hanem ún. komplexusokban. A gyermek gondolkodása nem ugyanolyan logika és ismérvek szerint megy végbe, mint a felnőtt embernél. A gyermek számára természetes magától érthetődő, de a felnőtt szemével nézve esetleges jegyek alapján csoportosítja egy körbe a fogalmakat. /Pl.: minden hosszukásat ceruzának nevez, minden szőrmészet cicának./ " E gondolkodásmód sajátosságát a legjobban fejezhetjük ki, ha komp-

lexusokban való gondolkodásnak nevezzük" - mondja Vigotszkij a Beszéd és gondolkodás c. tanulmányában. /Id.m. 155.o./

Vigotszkij rámutat arra is, - s ez a korábbi kissé merev felfogásokkal szemben tanulságos -, hogy a felnőtt embernél is jelen vannak a k o m p l e x e k: " Még a felnőtt ember beszéde is tele van a komplex gondolkodás maradványaival." /Id.m.155.o./

A felnőtt ember gondolkodásában is vannak komplex jellegű fogalmak, amelyek nem tudományos végiggondoltság alapján, hanem nem egészen tiszta ismeretek alapján jönnek létre, pl: megszokás.

Ez azért jelentős, mert a felnőtt ember gondolkodásában a nyelvi gondolkodás mellett, ami ugyan alapvető formája az emberi gondolkodásnak, jelen van a cselekvéses gondolkodás, jelen van a képi gondolkodás is.

"Jensch kísérletei kimutatták, hogy a tisztán fogalmi gondolkodás szférájában léteznek olyan sajátos általánosítások vagy kép-egyesítések, amelyek mintegy a fogalmak konkrét analógjai vagy szemléletes fogalmak és amelyeket Jensch gondolati kompozíciónak és fluxiónak nevez," - írja Vigotszkij./Idézi Vigotszkij L.Sz.id.m.186.o./

A cselekvéses és képi gondolkodás a tevékenységek jellegtől és a tevékenységek tárgyától függően vannak jelen. Tehát a különböző jellegű tevékenységekben másként jelenik meg a gondolkodás ezen fajtái, a felnőtt embernél is. Éspedig az elvont gondolkodásban, vagy bizonyos elméleti gondolkodásban inkább a nyelvi gondolkodás van jelen, de pl. a természettudományos vagy méginkább a műszaki gondolkodásban inkább a képi gondolkodás a jellemzőbb. Ez nem alacsonyabb fajtája a gondolkodásnak, hanem egy éppen olyan értékű, egyenértékű gondolkodási mód, mint a nyelvi.

A Vigotszkij és Piaget által megfogalmazott elméletek közötti eltérés a stádiumok egymásutániségának értelmezéséből fakad. A koncepciók viszont lényegileg nem mutat-

nak distanciát, amit megerősít Elkonyin is: " A Vigotszkij által kimutatott fogalomstádiumok és a Piaget által megállapított értelmi fejlődési stádiumok lényegében egybeesnek, habár különböző oldalról írják le az értelmi fejlődést: Vigotszkij a produktum szemszögéből, Piaget operacionalista szemszögéből." /Idézi Horváth Gy., 1972.30.o./

Galperin álláspontja a gondolkodás fejlődéséről hasonló, mint Piaget-é. Mindketten a cselekvéses gondolkodásból /Piaget-nél a konkrét műveletek szintje/ eredeztetik az elvont gondolkodást.

A lényeges különbség az a két felfogás között, hogy Galperin nem életkori érés következményének tekinti a gondolkodás fejlődését. Ehhez közelít Bruner álláspontja is. Különbség még az is, hogy Galperin egy átmeneti szintnek tekinti a cselekvéses és fogalmi gondolkodás közé ékelődő interiorizációt, azaz belsővé válást. " Galperin szerint e folyamat jellegzetes szakaszai általában nem életkori, hanem genetikusan meghatározott szakaszok, és nem valamilyen életkorhoz, hanem az egyes cselekvésekhez kapcsolódnak."-írja Horváth György /Id.m.33.o./

A fejlődés velejárója a cselekvés interiorizációja, amelynek eredményeként létrejön a Leontyev- Galperin iskola által megfogalmazott " értelmi cselekvés". Megfogalmazásukban az interiorizáció az értelmi cselekvésnek a tárgyi cselekvés értelemben való végrehajtásnak képességét jelenti, amely minden esetben többé- kevésbé általánosított formában jön létre. Az értelmi cselekvés a külső cselekvés belsővé válásának a következménye.

Az értelmi cselekvés kialakulásának a következő szakaszai vannak: 1./ A tájékozódási alap megteremtése; 2./ A tárgyi cselekvés szakasza; 3./ A tárgyi cselekvés külső beszédben való megnyilvánulásának szakasza; 4./ A belső beszéd; 5./ Értelmi cselekvés.

Galperin és munkatársai vizsgálatai alapján a fentiekből

hármát emelt ki és jelölt meg, mint az értelmi cselekvés kialakulásának legjelentősebb fokozatai. Ezek: 1./ a tárgyi cselekvés szakasza; 2./ a tárgyi cselekvés külső beszédben való megnyilvánulásának szakaszai; 3./ a cselekvés értelmivé /belsővé/ válásának szakasza, amely már a belső beszédben jut kifejezésre, s amelyben megtörténik a gyakorlati cselekvés általánosítása !

A műszaki fogalmak oktatása folyamán szintén értelmezhető az értelmi cselekvés kialakulásának különböző fázisai. Az interiorizáció kialakulását nagyban elősegítik a vizuális információk; a fogalom interiorizációja során a képszerű képzetek, a vizuális jelleg elengedhetetlen feltételként van jelen.

A fentieket pl. a huzalellenállás fogalmának elsajátításán keresztül világíthatjuk meg.

A huzalellenállás fogalma akkor kerül interiorizálódott szintre, ha az ellenállás értékének huzalparamétertől való függését gondolatban is képes elemezni a tanuló. /Mint ismeretes a huzalellenállás értéke függ:

- a fajlagos ellenállás $/\rho/$ értékétől, ami megadja az adott ellenálláshuzal egységnyi hosszának ellenállását, ohmokban;
- az adott huzal hosszától $/l/$;
- az adott huzal keresztmetszetétől $/A/$.

Az összefüggést mutató képlet: $R = \rho \cdot \frac{l}{A}$.

Az interiorizációs szint a következő lépéseken keresztül érhető el:

1. A tárgyi cselekvés szakaszában különböző fajlagos ellenállású, hosszúságú, keresztmetszetű huzalok ellenállás értékeit méretjük meg a tanulókkal, pl. Wheatstone - hidas műszerrel.
/A mérés eredményeit táblázatba foglaltatjuk./
Ha csak a lehetséges nyolc variációju mérést egyszer végzik is el a tanulók, minden külön tanulás nélkül

emlékeznek a különböző paraméterekből való függésre. /Példánk esetében a tájékozódási alap megteremtése már korábban megtörtént, hisz az ellenállás tanításakor elsajátíthatták az egyébként egyszerű Wheatstone hiddal való mérést./

2. A tárgyi cselekvés külső beszédben való megnyilvánulásának szakasza:

Ebben a szakaszban két uton is haladhatnak a tanulók.

a./ A táblázatba foglalt mérési eredményből maguknak kell kikövetkeztetni a huzalellenállás értékének meghatározására szolgáló képletet: $R = \frac{1}{S}$, ez időigényesebb és a tanulók számára nehezebb, de igazán aktív közreműködést igénylő módszer, vagy:

b./ A táblázat kézbeadása mellett megadjuk a fenti összefüggést, s a tanulóknak az a feladata, hogy a táblázat adataival néhány ellenőrző számítást végezzenek el.

Mindkét esetben célszerű még 2 - 3, általuk nem mért, de gyakorlati értékű paraméter megadásával az R értékének meghatároztatása.

A feladat elvégzése után emlékezetből képesek elmondani, vagy leírni az összefüggéseket.

3. A cselekvés értelmivé /belsővé/ válásának szakasza:

Ebben a szakaszban a tanulóknak az összefüggéseket már gondolatban / írás és beszéd nélkül / kell értelmezniük. Az előző szakaszban a tanuló leírja a képletet, s így végzi el az elemzést: ha az 1 értéke / a vezeték hossza / nő, az R értéke / a vezeték ellenállása / is nő, mert az 1 a számlálóban van, stb. Ha az A értéke / a vezető keresztmetszete / nő, az R ér-

téke csökken, mert az A a nevezőben van, stb. A képletben szereplő fogalmak / R, g, l, A / interiorizálódott szinten vannak a tanulóknál, de ezeket is exteriorizálja, hisz az elemek interiorizációja nem jelenti az elemekből álló összefüggés interiorizációját is.

Ebben a szakaszban viszont már gondolati síkon végzi az egybevetést a tanuló.

Ezt pl. a sönt-ellenállás kalibrálása közben tapasztalhatjuk. Az ellenállás beállítására irányuló manuális műveleteit / keresztmetszet csökkentése pl. reszeléssel vagy a befogás helyének változtatásával / a gondolati síkon elemzett huzalellenállás - huzalparaméter reláció határozza meg.

Az interiorizáció kialakulását nagymértékben elősegíti a különböző paraméterek együttlétét megtestesítő huzalok képszerű képzete. A hosszabb, de vékonyabb / kisebb keresztmetszetű / huzal ellenállása nagyobb, mint a rövidebb és vastagabb huzalé. Vagy az ugyanolyan fajlagos ellenállású és hosszúságú huzalok közül, annak nagyobb az ellenállása, amelyik hosszabb. Stb. Ezek a vizuális információk nemcsak tudat alatt, de konkrét formájukban is megfogalmazódnak a tanulóban, amik a fogalom interiorizációjának létrejöttében döntő szerepet játszanak. Sőt az interiorizálódott fogalmat, bár gondolati cselekvés útján kezeli a tanuló, képi és fogalmi gondolkodás révén használja. Ha pl. a vezeték hossza vagy keresztmetszete az általánosítás szintjén is van, az értelmi cselekvés mozzanatai konkrét hosszúság és keresztmetszet által meghatározottak. Azok a vizuális képzetek, amik a fogalom interiorizációjának kialakítását segítették, nem válnak egyszersmind az interiorizációs szinten pusztán fogalmivá. Ezek a vizuális képzetek a fogalom újbóli gyakorlati síkra való vetítésénél játszanak ismét óriási szerepet.

A pontosság kedvéért meg kell jegyeznünk, hogy a fenti folyamatnál nem a sönt-ellenállás beállításának cselekedeteire értjük az interiorizációt, hanem magának az ellenállás változásaira irányuló meggondolásokra. A tapasztalat az, hogy az egész tevékenységnek is interiorizálódott fokon kell állnia ahhoz, hogy véghez tudja vinni a tanuló.

A fenti példából kitűnik, hogy az interiorizáció nemcsak a külső cselekvés gondolatbani tükröződése, hanem a fejlődés továbblendítője is. A huzalellenállás fogalmának interiorizálódott szakasza mintegy feltétele - a konkrét példánál maradva - a sönt-ellenállás fogalom elsajátításnak. A sönt-ellenállás tervezése és elkészítése folyamán viszont gyakran tapasztalható, hogy a huzalellenállás fogalma exteriorizálódott formában jelenik meg ismét. Ez nem jelenti azt, hogy a fogalom nem vált még belsővé, a sönt-ellenállással kapcsolatos műveletek viszont / külső és gondolati cselekvések egyaránt / nincsenek interiorizálódva, s ezért a gondolkodási folyamat, amely ez esetben kirívóan szemléletes, igényli a rajzot, a képletet, a számításokat. A gondolati és konkrét cselekvések egymást át- meg átszöve jelentkeznek. Az exteriorizáció, a konkrét példánkban - de a műszaki gondolkodásban más helyeken is - nem jelent minőségi kisebbséget. Sőt gyakran elkerülhetetlen, hisz a pontos számítások, jó végeredmények ezt megkívánják. Igaz, a számítások miatti konkrét műveletek sorozata a szó igazi értelmében nem jelent exteriorizálást.

Észre kell vennünk, hogy a fenti összefüggések, a műszaki gondolkodásnak abból a sajátosságából is fakadnak, miszerint a képi és nyelvi gondolkodás együtt van jelen a folyamatokban.

Az interiorizáció galperini értelmezésével nem teljesen ért egyet N.A. Mencsinszkaja: " Véleménye szerint az

interiorizáció tulzottan egyoldalú vizsgálata gátolja tudományunk fejlődését, mert nem teszi lehetővé az ismeretek gyakorlati alkalmazásának kutatását, amely napjainkban, az iskolai oktatás korszerűvé tétele szempontjából igen lényeges probléma " - írja Dr. Salamon Jenő, majd a következőképpen fogalmazza meg Galperin álláspontját: " ... egy későbbi válaszcikkében kifejti, hogy az ismeretek gyakorlati alkalmazása iskolájának módszerei nyomán megszűnik probléma lenni. A gyermekek ugyanis a cselekvésen keresztül sajátítják el az ismereteket, ezért azok alkalmazása a cselekvéssel kezdett oktatás természetes következménye. Hangsúlyozza, hogy csak az oktatás helytelenül alkalmazott módszerei szakítják el az ismeretek elsajátítását azok alkalmazásától." / Dr. Salamon J. id.m. 292.o. /

Napjaink egyik sarkalatos problémáját oldaná meg a Galperin által megjelölt módszer. A műszaki képzés egyik leglényegesebb hiányossága lenne kiküszöbölhető az eljárással.

Az interiorizáció és a fejlődés erősen összekapcsolódó fogalmak. Nem szabad viszont az interiorizáció jelentőségét abszolutizálni, mindenfajta gondolkodásra kiterjeszteni, általánosítani, mert van a felnőtt embernél is, és pedig nem is a primitivitás jeleként, hanem igen fontos területe a gondolkodásnak, ahol ugyancsak van cselekvéses gondolkodás. Erre utal Vigotszkij is, amikor az értelmi gondolkodásról beszél, és annak összetevőjeként tekinti a komplexek jelenlétét.

A pszichikus fejlődés egyik fő mozzanata a gondolkodás fejlődése, aminek szerepét a pszichikum fejlődése folyamatában Bruner foglalta össze igen tanulságosan. Azért is célszerű Bruner koncepcióját vizsgálni, mert a pszichikum fejlődését a tudomány fejlődése tükrében tárgyalja. Az ismeretek fejlődésének megközelítési módja általános, s nem szorítkozik pusztán az iskolai elsajátítás folyamatára. Megítélése szerint az iskolai ismeret-elsajátítási folyamat

csak egy különös esete az általa tárgyalt általánosabb fejlődési vizsgálatnak.

Bruner tézisei a gondolkodás fejlődéséről a következők:

A fejlődés egyik jellemző vonása az inger és az adott válasz ingertől való függetlenedésének mértéke.

Fejlődés akkor tapasztalható, ha az egyénben kialakult a képesség arra, hogy az ingerkörnyezet változásainak hatására is invariáns választ ad, vagy változatlan inger-hatásra kódolt / átalakított / választ ad.

A fejlődés másik jellemzője a külső cselekvésnek " tároló rendszerbe " való olyan interiorizációja / belsővé tétele, / amely megfelel a környezetnek.

A fejlődést jellemzi még a cselekvések és cselekvési szándékok szavak vagy szimbólumok által való kifejtésének fejlettsége. " A tudatosulásnak ez a folyamata teszi lehetővé az átmenetet a pusztán rendezett magatartásból, az un. logikus magatartásba ". / Bruner, J.S., 1974. 19.o. /

A fejlődés jellemzésére szolgál a tanító és a tanuló közötti rendszeres és esetleges kölcsönhatás.

A fejlődést erősen determináló tényező a nyelv mint közvetítő " közeg " . A nyelv biztosítja a gondolatok cseréjét. A fejlődés jellemzője még a figyelemmegosztás is. A fejlettség mutatója az egyszerre több, párhuzamosan futó esemény figyelemmel kísérése, annak aktív követése, vagy csak egyetlen eseménynek megfigyelése többféle követelmény szerint.

A Bruner tézisek érvénye kiterjeszthető a 14 - 18 éves korig terjedő tanulók műszaki műveltségének fejlődésére is. Az értelmi fejlődés jellegéről valló tételek lényegileg a műszaki intelligencia fejlődésének jellegét is leírják. Figyelembe kell venni azt, hogy a műszaki műveltség

fejlődése egy speciális területet jelent.

A gondolkodásról, amely a fejlődés alappillére, Vigosz-kij azt mondja: " ... A gondolkodás funkciói azoknak a gondolatoknak a felépítésétől függenek, amelyek funkcionálnak. Hiszen bármely gondolkodás kapcsolatot teremt a valóságnak a tudatban valamely módon képviselt részével, következésképpen az, hogy milyen módon van ez a valóság a tudatban képviselve, nem lehet közömbös a gondolkodás lehetséges műveleteire nézve. Más szóval, a különböző gondolkodási funkcióknak elkerülhetetlenül függniük kell attól, ami funkcionál, mozog, ami ennek a folyamatnak az alapja." / Idézi Horváth Gy., 1972.19.o./

Az általános fejlődésre vonatkozó első tétele Brunernek:
" a z i n g e r r e a d o t t v á l a s z n a k a z i n g e r h a t á s k ö z v e t l e n j e l l e g é t ő l v a l ó f o k o z a t o s f ü g g e t l e n e d é s e . "
/ Bruner, J.S. id.m.18.o./

Az ingerre a reflex egy közvetlen válasz. A gondolkodás fejlődését az inger és a válasz közé iktatódó kódolási folyamatnak tekinti Bruner. Ennek a kódolási folyamatnak különböző szakaszai vannak, attól függően, hogy mennyire közvetlenül függenek össze az ingerrel.
Ezek a szakaszok a következők:

- cselekvéses leképzés / enaktiv transzformáció /,
- képi leképzés / ikonikus transzformáció /,
- jelképes leképzés / szimbólikus transzformáció /.

/ Bruner, J.S., id.m.26.o./

Legközvetlenebbül a cselekvéses gondolkodás kapcsolja össze a választ, elvontabb a képi gondolkodás és méginkább elvontabb a szimbólikus gondolkodás.

A fejlődés vizsgálatánál feltétlenül szólni kell arról, hogy a cselekvés és a gondolkodás kapcsolata hogyan befo-

lyásolja a megismerés folyamatát, magát a fejlődést. Ismeretes, hogy a kognitív struktúra lényegében cselekvés-
es alaphól gyökerezik és fejlődése során a cselekvés mind-
végig biztos támpontja a gondolkodásnak.

Vigoszkij " A gondolkodás és beszéd " c. tanulmányában a
beszéd és gondolkodás viszonyát két egymást metsző körrel
szemlélteti. Az egybeeső szférát " beszédgondolkodásnak "
nevezi, majd kifejti, hogy a gondolkodás nemcsak ez, hanem:
" Van a gondolkodásnak egy nagy területe, amelynek nincs
közvetlen kapcsolata a beszédgondolkodással. Ide kell so-
rolni mindenekelőtt az instrumentális és technikai gon-
dolkodást és általában azt az egész nagy területet, amely
az ugynevezett gyakorlati intellektusba tartozik." / Vi-
goszkij, L.Sz., 1971./b.123.o./ Az effajta gondolkodások
fejlesztése, a fejlődés biztosítása a cselekvés által fej-
leszthető leginkább. Ezt igazolja az a fejlődéslélektani
koncepció is, miszerint a pszichikum a tevékenységben fej-
lődik.

Nem elhanyagolható a fentiek szem előtt tartása, a manuális
készségeket igénylő ismeretek átadásánál sem.

A cselekvéses / enaktív / leképzés az ismeretek egyik leg-
egyszerűbbnek látszó transzformációja, mert adott esetben
nincs szükség a nyelv tudására, magára a nyelvre, sem pedig
a tankönyvre. Elég ha a tanító " megmutatja " / cselekszi /
azt, amit át akar adni tanítványainak. Tehát szavakkal tör-
ténő ismeretközlésre nincs feltétlenül szükség ahhoz, hogy
például a szakoktató megtanítsa a tanulót egy egyszerű for-
gácsolási műveletre, a furásra. Ha a tanuló végignézi a mű-
veletek összeségét a furat elkészültéig, akkor kisebb- na-
gyobb hibákkal meg tudja azt ismételni. Hatásosabb a tani-
tás, ha az egyes lépéseket meg is magyarázza a tanár. Ugyan-
akkor tapasztalható, hogy mennyire nehéz azokat a tudnivaló-
kat " csak " elmondani, amelyek elősegítik a művelet elsa-
játítását. A furásnál maradva olyan képzeteket kell elplán-

tálni a legtöbb esetben a " terra incognita "-ba, amelyek roppant szegényesek verbális és diagramatikus eszközökben. A furás műveletét vizsgálva ráeszmélhetünk arra, hogy az ismereteknek csak egy részét kell enaktív módszerrel átadni. Így például annak a "finom játéknak" a megismertetését, amely akkor alkalmazandó, amikor a furó hegyét illeszteni kell a pontozó által készített mélyedésbe, vagy azt a kalapácsütést amellyel a pontozóra kell sujtani.

Látható, hogy a leképzés folyamatában nagyon nehéz különválasztani az enaktív és az ikonikus formát, sőt ezekkel együtt jelentkezik a szimbólikus átadás is. Bebizonyítható ez az egyszerű asztali furógép használatának egyik folyamatával, a kézi előtolásnak, mint információnak átadásával is. A kézi előtolást tanítva az enaktív forma az elsődleges, ahhoz viszont, hogy a cselekvést elsajátítsa a tanuló, ikonikus leképzésnek is le kell játszódnia: "látnia" kell az előtolás nagyságát, az anyag, a furóátmérő, a fordulatszám függvényében. "Hallania" kell a furó hangját hűtőfolyadék használata nélkül és alkalmazásával, az előtolás nagyságától függően. Éreznie kell az erőt, amellyel a tokmányt mozgató karra kell hatni, a jelenlevő paraméterek ismeretében.

Mind az általános, mind a műszaki intelligencia fejlődését vizsgálva a kezdeti szakaszra az jellemző, hogy az ingerhatások által kiváltott reakció közvetlen. Konkrétabban: a higany alkalmazása a kezdeti időszakban csak mint hőmérő töltőfolyadék is ismeretes. Más alkalmazási terület, más összefüggések ismeretlenek. A fejlődés későbbi szakaszában már nem csupán töltőfolyadékként ismeretes, hanem mint a kontakt hőmérő áramvezető folyadék, vagy a billenőkapcsoló záróérintkezője, vagy mint a billenőgyűrűs nyomásmérő közlőfolyadék, stb., s ezen a helyeken más - más jellemzői aktuálisak. Vagy ha nem egy tárgy felidézését / Hg / tekintjük ingernek, hanem egy villamos törvényt,

pl. a Kirchoff-törvényt, akkor is a fentiek tapasztalhatók. A csomóponti törvény alkalmazása a sönt-ellenállás meghatározásánál a fejlődés kezdeti szakaszának tekinthető. Ha viszont egy pentódás erősítő katódáram, anódáram, segédrácsáram mérésénél, vagy számítással történő meghatározásánál / megváltozott ingerkörnyezet / a csomóponti törvényt értelemszerűen alkalmazza a tanuló, már a fejlődés magasabb fokát észlelhetjük. Összegezve: a fejlődés tapasztalható, ha az egyén azonos ingerhatásokra átalakított válaszokat ad, vagy ha a megváltozott ingerkörnyezet is változatlan értékű reakciókkal felel.

A pszichikum fejlődésének egyik ismérve, mutatója, hogy az inger-reakció kapcsolatnak a fent tárgyalt változása, a közbenső mozzanat, változó, kódolási forma, ami kiváltja a reakciót, milyen formában valósul meg. Tehát először van a cselekvéses, aztán a képi, s ezt követően a szimbólikus kódolási forma. Minél fejlettebbek a közbenső formulák, illetve minél kevésbé direkt a meghatározottsága a reakciónak az inger által, annál több szabadsági foka van, annál több válaszlehetősége van az ingerre. Amíg egy tropizmus vagy egy reflex esetében az inger közvetlen, egyenes módon határozza meg a választ, addig összetettebb dolgok esetében, ahol a gondolkodás közbeiktatódik, nem ilyen direkt uton határozódik meg a válasz, hanem több szabadsági foka van a pszichikumnak, az egyénnek a válaszára. Vagyis kevésbé merevebben határozza meg az inger a reakciót.

Bruner koncepciója egy bizonyos mértékig rokon a rubinstein-jni külső ok - belső feltétel felfogással.

Hozzá kell viszont fűznünk az elmondottakhoz, hogy a felnőtt embernél is előfordul a képi kódolási mód, s jelentős szerepet játszik, főként a műszaki gondolkodásban. Ami nem jelenti a gondolkodás fejletlenségét - amint erre az előbbiekben is utaltunk.

A közléshez, az ismeretek transzportálásához, könnyebb megértéséhez nélkülözhetetlen az a szimbólum, amely a tényeket

auditív úton juttatja el az egyén tudatához. Ez a szimbólum pedig a nyelv, ami behatóbb elemzést kíván, specifikumait fontos ismerni.

Segítségével tárolhatók olyan nagymennyiségű ismeretek, amelyeket hozzá nem értők hosszú " szöveg " alkalmazásával lennének képesek transzpoltálni és rögzíteni. Tömören fejez ki egyetlen fizikai vagy matematikai képlettel bonyolult összefüggéseket is. Emlékezetbe vésésükkal olyan kontextusok rögzíthetők, amelyekből csak néhányat lenne képes befogadni s tárolni az emberi agy. Ugyanakkor egy - egy jól megválasztott műszaki elnevezés is a fentiekhez vezethet.

A rotaméter elnevezés roppant tömören fejezi ki a folyamatosan szállított mennyiségek változó átömlési keresztmetszetű mérőeszközének nevét, s egyuttal jelzést ad a működési elvre is, bár ez az utalás közvetlenül nem egyértelmű a működésre nézve. A diákok többsége nem is lenne képes az elnevezést analizálni, majd szintetizálni. Az elnevezés csak akkor látszik egyértelműen logikusnak, ha azt magyarázat kíséri. Éppen ez a magyarázat lesz nagyon hatásos, ha a működést nemcsak szimbólikus leképzési rendszerben, hanem az enaktív és ikonikus módszert is segítségül hívva ismertetjük az új - nyugodtan kijelenthetjük - eddig még hírből sem ismert mérőeszközt. Az " audio-vizuális " szemléltetés / szavakkal ismertett és működés közben látott mérőeszköz / nem kétszer olyan hatásos, mintha csak az egyik / szimbólikus oktatás / vagy csak a másik / működésének bemutatása / szemléltetést alkalmaznánk. A hatás - bár ezt számszerűen lemérni nehézkes lenne - legalább négyzetesen, de lehet még progresszívebben emelkedő görbe szerint változik az előbb említett audio-vizuális módszerrel.

Visszatérve a nyelv tömörségére, a sűrités szükségszerűségét J.S. Bruner fogalmazta meg: " ...a sűrités és tömörítés olyan eszközök, amelyek módot nyújtanak arra, hogy perselyeinket inkább arannyal, semmint salakkal töltsük meg." /Bruner, J.S., id.m.28.o./

Ahhoz, hogy a tömörség szükségszerűségét maguk a tanulók is felismerjék, előbb a nyelvnek alkalmassá kell válnia a gondolkodás kifejtésére, a gondolkodást kell kiszolgálnia. Ha a tanuló az egyes szavak jelentésén gondolkodik az adott probléma megoldása közben, akkor a feladat megoldása semmiképpen nem felelhet meg a kívánt követelményeknek. A nyelv biztos ismerete után válik eszközzé az absztrakt fogalmak alkalmazásában, vagy azoknak a fogalmaknak az alkalmazásában, amelyeknek nincsenek konkrét, direkt megfelelőik a közvetlen tapasztalásban. Bruner azt írja, hogy " ...minél jobban megismerjük a nyelv sajátosságait és kifejező erejét, annál többet tudunk meg arról, hogy a nyelv miképpen segíti elő a gondolkodást." / Bruner, J.S.id.m.38.o./

A nyelvnek jelentős szerepe van a gondolkodás folyamatában, de túl kell haladni azon a kissé merev felfogáson, hogy a nyelvi gondolkodás a legmagasabb foku. Nem igaz az, hogy a nyelvi gondolkodás szintje azt jelenti, hogy a cselekvéses és a képi gondolkodás elhal. A nyelvi gondolkodást át- meg átszövi a cselekvéses és a képi gondolkodási forma. / Erre a műszaki gondolkodás elemzésénél még visszatérünk ! /

Az értelmi fejlődés meghatározói még a tanító és a tanuló kapcsolata / rendszeres és esetleges /, valamint a figyelemmegosztás képessége.

Az előbbi főként didaktikai probléma, így erről itt nem szólunk részletesebben.

A figyelemmegosztás különösen fontos a műszaki életben. Itt nemcsak arra kell gondolnunk, hogy egy tervező eljárásnál a különböző hatásokat hogyan képes felfedezni és értékelni az egyén. Nem ritka az az eset, amikor váratlanul kell egyszerre több tényezőt figyelembe venni, s rövid idő alatt dönteni. Az ilyen előre be nem látható kényszerhelyzetek, pontatlan, helytelen, lassu elemzése nemcsak

anyagi, de súlyosabb veszteségekkel is járhatnak.

Bruner a fejlődés jellemzésére felállított tézisének kifejtését a következőkben foglalja össze: "...az értelmi fejlődés igen jelentős mértékben a külsőnek belsővé válásán működik, azaz olyan technikák elsajátításán, amelyeket a kultúra magában hordoz, és amelyeket a kultúra közvetítői valamely esetleges párbeszédben átszarmaztatnak. Ez különösképpen akkor áll fenn, amikor a nyelv és a kultúra szimbólumrendszerei működnek közre, minthogy a kultúra igen nagy mennyiségben tartalmaz szimbólikus felhasználás kialakítására alkalmas modelleket mindenfajta helyzetek és körülmények számára." / Bruner, J.S., id.m.40.o./

Mint láttuk, Brunernek az általános fejlődésre vonatkozó gondolatai lényegileg érvényesek a műszaki intelligencia fejlődésének egészére is.

A felsorolt tézisek alapján belátható, hogy Bruner gondolkodásról vallott nézetei tulmennek Piaget elméletén. Piaget többnyire előnyben részesíti a gyermek "spontán" fejlődését. Bruner viszont határozottan függőségi viszonyba állítja a gondolkodás és az oktatás kapcsolatát, nem úgy, mint Piaget, aki szerint az új gondolkodási strukturák spontán megjelenítése teszi lehetővé újabb tartalmak elsajátítását.

Piaget szemléletmódjának ez a legsarkalatosabb pontja, amely elvileg eltérő a Vigotszkij által vallottaktól. Vigotszkij szerint a gondolkodás annak meghatározott anyagától, tartalmától függ, s ezúton biztosítja a magasabbrendű stádiumok megjelenését.

Piaget koncepciójának tévessége bizonyítható műveinek alapos tanulmányozása alapján. "Éppen Piaget példái mutatják tehát, hogy a fogalmak ...nem a műveleti strukturák önálló kialakulásából következő spontán termékek, hanem az új fogalmak elsajátításában is a társadalmilag meghatározott fogalomrendszer az előismeretek, a tudat társadalmilag /külsőleg / meghatározott tartalma a döntő." - írja Horváth György. / Horváth Gy., Id.m.32-33.o./

Bruner nézőpontjában észrevehető mind Piaget, mind Vigotszkij munkássága, ami szavaiból is kivehető: " Korunk pszichológusa abban a szerencsés helyzetben van, hogy a gyermekpszichológiát századunk két olyan kiváló tudósától sajátíthatja el, mint Vigotszkij és Piaget." / Idézi Horváth Gy., id.m.38.o./

Összegzésül a gondolkodási folyamat fejlődése és a gondolkodás típusairól, valamint a róluk vallott nézetekről a következőket mondhatjuk:

A gondolkodás fejlődését Vigotszkij a fogalmak rendszere, Piaget a műveletek rendszere, Bruner az ismeretek kódolási rendszere oldaláról vizsgálja. Galperin koncepciója Piaget-éhez közelít - mindkettő a cselekvéses gondolkodásból eredeztetik az elvont gondolkodást -, de míg Piaget szerint a fejlődés stádiumai életkori érés következményei, addig Galperin minden esetben, minden életkorban, az interiorizáció determinizáló szerepét emeli ki. Bruner szintén a cselekvéses gondolkodásból vezeti le az elvont gondolkodást, de közben fázisként a képi gondolkodást jelöli meg.

Piaget, Galperin, Bruner elméletében tehát az a közös - s ez a korszerű elmélet -, hogy a nyelvi gondolkodást /Brunernél szimbolikus gondolkodás / a cselekvéses gondolkodásból származtatják, s közben stádiumnak tekintik a képi / ikonikus / gondolkodást. Erre utal Vigotszkij is - mint ahogy az előző elemzésekből is kitűnik -, amikor a fogalmi fejlődés oldaláról vizsgálja a gondolkodás fejlődését, s kimutatja, hogy a felnőtt embernél az elvont gondolkodás mellett jelen van a képi gondolkodás is. Jelenléte pedig a tevékenység jellegétől és a tevékenység tárgyától függ. Így a műszaki gondolkodásban főként a képi gondolkodás, esetenként a cselekvéses gondolkodás a meghatározó, ami nem jelenti a műszaki gondolkodás alacsonyrendűségét.

Brunernek a gondolkodás fejlődéséről vallott tézisei ki-

terjeszthetők a 14 - 18 éves korig terjedő tanulók műszaki gondolkodási folyamatának fejlődésére is.

A gondolkodás folyamatában - a legfejlettebb műszaki gondolkodásban is - jelen vannak az elvont gondolkodás mellett a cselekvéses és képi gondolkodásformák is. Ezek a gondolkodási típusok pedig, egymást át- meg átszövévé jelennek meg, a gondolkodás jellegétől és tárgyától függően.

2. M ű s z a k i g o n d o l k o d á s é s s z e m l é - l e t e s g o n d o l k o d á s

Emlékeztetünk arra, amit az első fejezetben mondtunk: a gondolkodás vonatkozásában a determinizmus elve azt jelenti, hogy a gondolkodási műveleteket, a gondolkodás formáit jelentős mértékben meghatározzák azok a tárgyak, amelyekről gondolkodunk, amelyekre irányul gondolkodásunk, vagyis a gondolkodás tartalma. Ebből pedig az következik, hogy különböző gondolkodási típusok vannak, tárgyuk, tartalmuk szerint. Így beszélhetünk műszaki gondolkodásról is. A gondolkodás tárgyából bizonyos sajátosságok következnek; más a valóság művészi visszatükrözése, más az irodalmi visszatükrözése, és ismét más a műszaki gondolkodás. Az előzőekben azt is megvizsgáltuk, hogy a gondolkodási folyamatban jelen vannak a cselekvéses, képi és szimbólikus gondolkodási típusok. Ezek a gondolkodási típusok egymást követik a fejlődés során, de ez nem jelenti azt, hogy ezek pusztán egymást követő stádiumok, hanem párhuzamosan jelen vannak gondolkodásunkban, csak a tárgy által meghatározott módon bizonyos esetekben az egyik, bizonyos esetekben a másik, hol elvont, hol a képi gondolkodás dominál. A műszaki gondolkodás éppen olyan, ahol elsősorban a képi gondolkodás a jellemzőbb. Jelen van viszont a fogalmi gondolkodás is, a képi gondolkodással párhuzamosan. A fogalmi gondolkodás alapja a fogalom, ami a tárgyak, relációk visszatükröződései.

A gondolkodási folyamat során nem a pusztá fogalmak kapcsolatait keressük, nem a fogalmak determinálják egymást, hanem azon tárgyak, objektumok kapcsolatai, sajátosságai, vonatkozásai, amelyek tükröződnek a fogalmakban. A gondolkodás jellemző jegyei, a következtetés útján, a fogalmak felhasználásával újabb és újabb oldaláról ismerhetjük meg a tárgyakat, azok kapcsolatait, tulajdonságait. Ez pedig bizonyíték a gondolkodás "produktív" voltára.

A gondolkodás és az objektum szoros kapcsolatban van egymással, de legalább ilyen a kontaktus a gondolkodás és a cselekvés között. A fejlődés jellemző jegyeinél már szoltunk e témáról. Rendszerezés miatt érdemes ismét megemlítenünk szoros viszonyukat. A cselekvést a fejlődés kezdeti szakaszában a tárgy határozza meg. A tárgy segíti elő elsőként az ismeretszerzést. A pszichológiai kutatásban csupán az ötvenes évek második felétől vált intenzívebbé annak vizsgálata, hogy a gondolkodás milyen szerepet tölt be a gyakorlati cselekvésben, hogyan alakul a kettő viszonya az ontogenetikus fejlődésben, holott a fejlődéslélektanban évtizedekkel korábban létjogosultságot kapott az a felismerés, hogy a kognitív struktúra lényegében cselekvéses alaptól gyökerezik és fejlődése során a cselekvés mindvégig biztos támpontja a gondolkodásnak. A tárgyakkal való cselekvés a megismerés további folytatása. A cselekvés és a gondolkodás nem egymást követő folyamatok. A cselekvés által fejlődik a gondolkodás, magasabb szintű lesz a megismerés. A fejlett kognitív struktúra pedig visszahat a cselekvésre, racionálisabbá teszi azt. Ez a cselekvés azonban már irányított, a gondolkodás többé-kevésbé / a fejlettségi szinttől függően / magasabb rendű cselekvés mozgatója lesz.

A fejlődés további szakaszára pedig a gondolkodás cselekvéstől való viszonylagos függetlenedése a jellemző. A cselekvés által kifejlesztett képességek jól kimutathatók a későbbi fejlődési szakaszokban is. Így az elemi gondolkodás műveletei a tárgyakkal végzett műveleteket tükrözik vissza.

A műszaki gondolkodást vizsgálva szólnunk kell a szimbólumokról, és a sajátos kifejező eszközről, a rajzról.

A hatékony elemzés érdekében tisztázzuk a kérdéssel kapcsolatos fogalmakat.

A műszaki szimbólumokkal tárgyakat, jelenségeket, fogalmakat fejezünk ki rövidített, jelképes, szemléletes formában.

A rajz - műszaki és szakrajz - olyan szabványos szimbólumrendszer, ami a műszaki tárgyakat, jelenségeket, fogalmakat, és ezek kapcsolatait rögzíti.

A kép fogalmának értelmezésekor vissza kell térnünk a vizuális megismeréshez.

A vizuális megismerés tárgya a tér, amelyet különböző dolgok, jelenségek, illetve ezek viszonyai alkotnak. Az ismeretszerzés szempontjából vizsgálva két fajtáját különböztetjük meg. Ezek:

1. Optikai tér: a valódi tér azon része, amelyről a szemlencse képet alkot a retinán. Tartalmazza a térrészben elhelyezkedő dolgok, jelenségek összes, vizuálisan érzékelhető tulajdonságait, relációját.
2. Ábrázolt tér: az optikai tér leegyszerűsített változata. Csak meghatározott dolgok, jelenségek szerepelnek, előre megállapított relációban. Ez egyben biztosítja, hogy az optikai kép nyersanyagából a tudat által kialakított belső kép, összhangban más érzéki és nem érzéki absztrakciókkal, csak lényeges jegyeket tartalmazzon. Tehát az ábrázolt teret tartalmazó optikai kép a tudatban kialakítja a belső képet. A retinán megjelenő optikai képből tudatunk kiválasztja a lényeges jegyeket, majd rendezi és belső képpé formálja. A belső kép a látás útján beérkező információról alkotott elemi ítélet. Egy jelenség megértése csak akkor következhet be, ha az már belsőkép szintjére emelkedik.

A vizuális, vagy képi gondolkodás során az elemi ítéletek vizuális képzetekké ötvöződnek, melyek az objektív világ tulajdonságait, összefüggéseit, képek összekapcsolásával tükrözik. Az ismeretszerzés folyamatában ez leegyszerűbben úgy hozható létre, hogy ugyanazon jelenség más-más

tulajdonságcsoporthát emeljük belső kép szintjére, azaz a tanulók aktiv pszichikai tevékenységével a képeket összekapcsolják.

Összegezve: A képi gondolkodás a belső képek halmazával operál, a vizuális képzetek összességére épül.

A kép éppugy rendelkezhet értelmi tartalommal, mint az elvont szójelentés. A kép "...nem önmagába zárt tudati tény, hanem a tárgyat jelölő szemantikai képződmény." /Rubinstejn, Sz.L.1967/a., 543.o./

A megismerésben a vizuális képzet - ami a képek révén alakul ki - egyenrangú szerepet tölt be a fogalommal. Egymást tulajdonságaik alapján kiegészítik, tehát egyenrangú gondolkodási formaként vannak jelen tudatunkban. Rubinstejn a következőképpen fogalmaz: " Amikor szemléletesen - képszerűen észlelünk valamit, tudatosítjuk a tárgyat; a szemléletes - érzéki tartalmat arra a tárgyra vonatkoztatjuk, amelyet ennek révén észlelünk. Ez a szemantikus tartalom a közös nevezője a képnek és a szó fogalomnak; közös szemantikai jellegük leküzdése a logikai - fogalmi és a képszerű - érzéki szokásos szembeállítását, bekapcsolva egyiket is, másikat is, mint szükséges láncszemet a valóságos gondolkodási folyamatba." /Rubinstejn, Sz.L., id.m.543.o./

Igy a gyakorlati műszaki pedagógia célkitűzésében a képi gondolkodásmód kimunkálása egyenrangú folyamatként szerepel a fogalmi gondolkodás kialakításával.

Ismeretes, hogy a fogalmak megfogalmazásukban kisebb-nagyobb terjedelműek. Ezek rövidítése, valamint az egységes - több országra is érvényes - jelölése a gazdaságos és egyszerű. A jelölések között megkülönböztetünk betű- és rajzjeleket. Ezek a szimbólumok a szemléletes gondolkodást is elősegítik, az egyéb praktikusságaik mellett. Egy - egy összetettebb szerkezet vagy berendezés ismerete szinte elképzelhetetlen lenne a kapcsolási rajzaik nélkül. A kapcsolási rajz, amely a szabványos műszaki

szimbólumokból épül fel, rengeteg információt képes közölni. Gyakran találkozunk a műszakiak körében azzal az érdekes jelenséggel, amikor is egy-egy szó és szemléletes rajz, betűjel segítségével oldalszámnyi ismereteket közölnek a hozzáértőkkel. Rajzok és jelek nélkül áttekinthetetlen dzsungelnek tűnnek a műszaki leírások is.

Meg kell még említenünk a műszakiak ugyancsak fontos kifejező eszközét, a matematikát is, s azon belül is az ábrázoló geometriát. A karakterisztikák és a paramétereket jellemző összefüggések szemléletesen közölnek olyan ismereteket, amelyek tisztán grammatikai úton csak ropant bonyolult módon lennének kifejezhetők.

Ezek az eszközök hozzáférhetőbbé teszik az ismereteket, mintegy katalizátorként vannak jelen, s ezzel egyszerűsítik a műszaki gondolkodás elősegítői.

Az előzőekben megállapítottuk, hogy az elvont gondolkodás a nyelv segítségével jön létre. A műszaki gondolkodásnak is része a nyelv, de ezen kívül meg van a sajátos nyelve is. Tehát a képi gondolkodásban - mint a műszaki gondolkodás integráns részében - is vannak bizonyos absztrakciós fogalmak. A kép önmagában már elvonatkoztatás, végbe ment egy bizonyos absztrakció. A makett vagy modell - aminek ugyancsak fontos szerepe van a műszaki gondolkodásban - rajza, képe, nem más mint elvonatkoztatás. Tehát az elvonatkoztatásnak itt is vannak különböző szintjei, annak ellenére, hogy vizuális vagy képi módon mennek végbe. Vagyis a műszaki gondolkodásban is beszélhetünk szimbólumokról és nyelvről. A nyelvi szimbólum mellett van a saját műszaki szimbólum, ami közvetlenebbül van kapcsolatban a képpel, a képi gondolkodással.

Ha azt mondom egy színre, hogy zöld, a hangsor /zöld/ semmiképpen nincs kapcsolatban a színnel. / A kapcsolat valamelyest közvetlenebb a hangutánzó szavaknál:

bumm, reccs, stb./ Általában a szó, a szó hangalakja és a szó jelentése között nincs közvetlen kapcsolat. Ebben az értelemben a nyelvi szimbólum nem kapcsolódik közvetlenül ahhoz, amit jelent, viszont a műszaki szimbólumok jelentős része pl. a műszaki rajz, szorosabban kapcsolódik a tárgyhöz és azok relációihoz.

Összegezve: a rajz - ami szintén szimbólum, egy sajátos nyelv, tehát elvonatkoztatás - közvetlenebbül kapcsolódik a képi gondolkodáshoz, mint a nyelv az elvont gondolkodáshoz. A rajz jelenléte a műszaki gondolkodásban, sajátos jelleget kölcsönöz annak. Ahhoz viszont, hogy a rajz segítse a műszaki gondolkodást, meg kell tanulni a szimbólumokat / és meg kell tanítani ! /; meg kell tanulni, hogy a szimbólum miként jelenti azt a tényt, amit éppen segítségével rögzítettünk.

A rajzokban, jelekben gondolkodó műszaki embernek előbb tantárgya, majd nyelve a műszaki rajz ill. a szakmának megfelelő szakrajz.

A rajz / valamennyi fajtája és jelölésrendszere / valamint a matematika a műszakiak nyelve, mintegy szükséges segítője, sőt része az anyanyelvnek, a tanulást segíti elő.

A teljesség kedvéért azonban meg kell említenünk azt, hogy a rajzok értelmezése, azok gondolati feldolgozása nem problémamentes.

A műszaki rajz elemzésénél nehezítő körülmény, hogy adott munkadarab, szerkezet, berendezés elemeit mértani formákkal, két dimenzióban, sematikus ábrázolásban kell tanulmányozni a tanulóknak. A rajz a szerkezet, berendezés alkatrészei közötti összefüggéseket egymás-melletteiségben mutatja. Ahhoz, hogy a tanulók a rajzon közölt információkat ténylegesen felfoghassák, azt elemezzék, el kell vonatkoztatniuk a háromdimenziós, konkrétan észlelt kapcsolatoktól, ilyen jellegű tapasztalataiktól. A megoldás menetében viszont csak akkor tudják az elemzés eredményeit hasznosítani, ha a rajzon megtalált elemek kö-

zötti összefüggéseket a konkrét cselekvés szintjén is megtalálják. Az elvont elemzés és a konkrét megoldás között csak akkor alakulhat ki kapcsolat, ha a gondolkodás rugalmassága lehetővé teszi az absztrakttól, a konkrétig vezető ut bejárását.

A képszerű gondolkodást nem szabad egyeduralkodónak tekinteni a műszaki gondolkodásban. Csupán a rajzokban és jelekben való gondolkodás éppugy nem vezet a leggazdaságosabb gondolkodáshoz, mint a " tiszta " nyelvi gondolkodás. Dobrinyina próbálkozott egy olyan eljárást alkalmaztatni szöveges algebrafeladatok megoldására, amelynek az a lényege, hogy vissza kell vezetni tisztán nyelvi gondolkodásra az egyébkénti nyelvi és képi gondolkodást igénylő feladatokat. Dr. Lénárd Ferenc cáfolja az egyszerűsített eljárást, s állításait alátámasztja A.N. Barszükov szavaival is: " Iskoláink sok esztendő's tapasztalata teljes határozottsággal azt mutatja, hogy az e téren elért kisebb vagy nagyobb eredmények semmilyen módon nem függenek attól, hogy ismernek-e a tanulók vagy nem /akár tankönyvből, akár a tanár magyarázata alapján / valamilyen 'általánosított eljárást '. " /Idézi Lénárd F., 1963.192.o./

S, hogy mennyire együtt jelentkezik a műszaki gondolkodásban a képi és a nyelvi gondolkodás, azt bizonyítja a későbbiekben tárgyalásra kerülő kísérletsorozat is, amely az analízis és szintézis szerepét vizsgálja a gondolkodás folyamatában.

A konkrét gondolkodásról, s annak egyáltalán nem alárendelt szerepéről tesz említést Illyés Gyula is, aki a parasztgyerekek gondolkodásáról szólva arra a következtetésre jut, hogy nem a nyelvi gondolkodás jelenti a csúcst. "...én a tárgyakat ismertem, azok bementek a fejembe; fantáziám teljesen tárgyyszerű volt. Elvontan képtelen voltam gondolkodni, tehát azt, hogy az 'eljövendő igazság feltételeinek összefoglalása...' egyszerűen nem értettem. Ha

azt mondták volna, hogy a kasza fokán a csapszeg görbülete, az rögtön végigment volna az agyamon...A pszichológusok papíron adnak föl kérdéseket és rajzban. Holott a parasztfiuknak és a munkásfiuknak tárgyakat kell a kezükbe adni, ott derül ki, hogyan forog az agyuk." /Idézi Kása L., 1976.401.o./

Az pedig, hogy a fizikai dolgozók gyermekei milyen nagyszerű eredményeket érnek el - ami társadalmunk dicséretes gondoskodásának is köszönhető-, köztudott.

Összegezve: a műszaki gondolkodásban a képi és nyelvi gondolkodás egymást át- meg átszöve van jelen. A műszaki gondolkodásban a képi gondolkodás objektiválódott elősegítői a rajzok, jelek, sémák, táblázatok, karakterisztikák, diagramok, stb.

A képi gondolkodás nem alakul spontán módon, kialakítása és fejlesztése ugyanolyan összetett feladat, mint a gondolkodás absztrakt szintre juttatása - tehát fejlesztésére szükség van.

A műszaki gondolkodásban a képi gondolkodás segítségével érthetjük meg a műszaki fogalmakat, törvényszerűségeket. Mit jelent a megértés? " A köznapi gondolkodásban, empirikus szinten, a megértés leggyakrabban szemléletünkkel kialakuló összhangot jelenti," - mondja Horváth György. /Horváth Gy., id.m.60.o./

A műszaki tudományban azonban a különféle képzeleti képek és a belőlük származó szemléleteknek az elsajátítását jelenti a megértés. Ahhoz tehát, hogy megértsük a műszaki fogalmakat, törvényszerűségeket, olyan formába kell önteni azokat, hogy összhangba kerüljenek szemléletünkkel; úgy jelentkezzenek a műszaki fogalmak, törvényszerűségek, hogy megnyilvánulásuk szemléletesek legyenek számunkra. A szemléletesség nagyon relatív fogalom. Erről tanuskodnak Planck fejtegetései is: " ...a szemléletesség követelményének nincs határozott tartalma. Nem lehet eleve és

mindenkorra eldönteni, mi a szemléletes és mi nem. Bármely fogalom, legyen az akármilyen bonyolult és absztrakt, szemléletessé válhat azáltal, hogy megszokjuk és idővel megtanuljuk, hogyan kell vele kényelmesen és biztonsággal bánni. Ezt gyakran megkönnyíti, hogy valamely fogalom számára megfelelő szemléletes szimbólumot alkotunk és a szimbólumot ismét minden irányban végig gondoljuk... Még száz évvel ezelőtt az elektromos áram különlegesség volt és 'nem szemléletes'. Ma minden technikus, sőt néhány tehetséges tanuló is úgy dolgozik az olyan fogalmakkal, mint az elektromos áram, mint valami mindennapi fogalommal, és még kényelmesebben, mint a folyadék áramával." / Idézi Horváth Gy., id.m.60.o./

Igy tehát a szemléletesség nem kimondottan az érzékelésre vonatkozik, hanem inkább a fogalomszemléletre, fogalmi strukturára. Azok a rajzjelek vagy betűjelek, amelyekből felépül a műszaki vagy szakrajz, mind valamely fogalom hordozói, olyan jelölési formái, amelyeket könnyű megszokni, könnyen válnak az adott személy "használati eszközévé".

A szemléletes elemek beépülnek a gondolkodás folyamatába, képszerű képzetek alakjában anticipálják a még kifejtetlen tényeket, ismereteket. A műszaki gondolkodásban jó példákat találhatunk a fentiek igazolására.

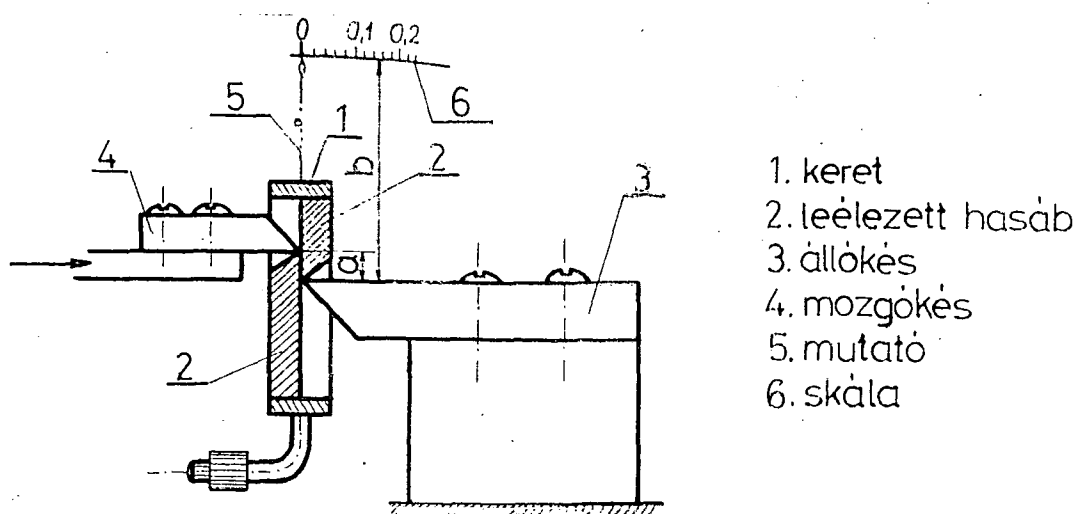
Mind a tanítási órákon, mind a gyakorlatban számtalan esetben kell egy bizonyos eszköz, műszer vagy berendezés működését megérteni, a rendelkezésre álló rajzról /vonalas ábráról, összeállítási rajzról vagy blokksémáról/. A probléma-helyzet adott, indulhat a gondolkodás folyamata. A folyamat vizuális elemzéssel kezdődik, de nem elszigetelten, különválasztva a gondolat analízistől. Az érzékleti analízis beleszövődik a feladat megoldásának gondolkodási folyamatába.

Nézzünk meg egy példát a fentiek igazolására.

A Fuess-féle miniméter esetében az egyenlőtlen karu emelő

elvének tisztázása után a kivetített vonalas ábra alapján kell a tanulóknak az absztrakt ismereteket alkalmazniuk a konkrét mérőeszközre. Ágoston György szavaival: " Az absztrakciótól való visszatérés a konkrétához, magában foglalja a megismerési folyamatnak azokat a fázisait, amelyeket általánosításnak és alkalmazásnak mondunk." /Dr. Ágoston Gy., 1973.65.o./

A tanulók az alábbi kivetített ábra segítségével ismerhetik meg a nevezett minimétert:



Az érzékleti analízis során az 1. keretbe foglalt 2-es számú 60° -os szögben leélezett hasábok, valamint az 5-ös számú mutató képe rajzolódik ki. A tanulók a vonalas ábrából lényegi testet öltő alkatrészeket transzformálnak. Előjük rajzolódik a zárt keret, amelyben rögzítve találhatók a leélezett hasábok, s a kerethez erősített mutató. Ezzel együtt / vagy talán előbb / jelentkezik a szerkezeti elem funkcionális elemzése is, amely az érzékitől indul /látják a rajz "középső részét"/, majd elvonatkoztatnak a rajztól, s a percekkel azelőtt elhangzó egyenlőtlen karu emelő egyetlen szakasszal szimbólizált karjára gondolnak. / Az órán belüli koncentráció megvalósítása ! / A kart "kiemelik" az elvi rajzból, s a most látottba helyezik, vagyis érzékleti analízist és szintézist végeznek. A 3 állókés már az elv megvalósításához szükséges szerkezeti elemként jelentkezik, a 4 mozgókéssel együtt. A rögzí-

tés módja /oldható csavarkötés/, valamint a megvezetés /lapos felületek egyenesbe vezetése / a szerkezet működési elvének megértéséhez csak járulékos elemként kapcsolódik. Értelmezésük, " tárgyi alakba való átvitelük " mechanikus gondolkodási műveletek. Inkább emlékezésnek, mintsem alkotó gondolkodásnak tekinthető.

A fenti kiragadott egyedi eset általában jellemző a műszaki gondolkodásra. Az elemzésből is kitűnik, hogy létezik vizuális jellegű gondolkodás, a nyelvi gondolkodással kölcsönhatásban, ami a műszaki gondolkodás sajátos jellegét tükrözi. Ez nem azt jelenti, hogy a köznapi gondolkodás kimondottan nyelvi típusu, de zömmel annak mondható. A műszaki gondolkodásról pedig könnyelműség lenne azt mondani, hogy csakis vizuális jellegű. A műszaki gondolkodásban viszont inkább a vizuális jellegű a jellemzőbb, ami természetesen nem izolált formában létezik.

Az elmondottak alapján látható be az, hogy miként segít a műszaki gondolkodás kialakításában, fejlesztésében a szemléltetés, konkrétabban az eszközjellegű szemléltetési módszer.

Az eszközök "kép" formájában közölnek fogalmakat, összefüggéseket, amelyek mint mozaikok vesznek részt a gondolkodás folyamatában. Az előzőeket igazolják Einstein H'adamard francia matematikushoz intézett válasz szavai is: " A szavak abban a formában, ahogy íródnak vagy kiejtik őket, nyilván nem játszanak semmilyen szerepet gondolkodásom mechanizmusában. Gondolkozásom elemeiként a fizikai realitások többé- kevésbé világos képmásai és jelei szerepelnek. Ezeket a képmásokat és jeleket mintegy akaratlagosan szüli és kombinálja a tudat. Létezik, természetesen, bizonyos kapcsolat a gondolkodásnak eme elemei és a megfelelő logikai fogalmak közt. Az a törekvés, hogy végső soron a logikailag összekapcsolódó fogalmak sorához jussunk el, emocionális alapul szolgál az említett gondolkodáselemekkel való eléggé meghatározatlan játékhoz. Pszic-

hológiai szempontból ez a kombinációs játék a produktív gondolkodás lényeges vonása. Jelentősége mindenekelőtt az, hogy bizonyos kapcsolat van a kombinálandó képmások és logikai konstrukciók közt, amelyek szavak vagy szimbólumok segítségével reprezentálhatók és így lehetővé válik közlésük másoknak is... A fentebb említett gondolkodáselemek nálam vizuális és bizonyos mértékig viszcerális típusúak. A szavakat és más szimbólumokat nagy erőfeszítéssel keresem a második szakaszban, amikor az asszociációk említett játéka már megállapodott és kívánság szerint felidézhető. Mint már mondtam, a gondolkodási elemekkel folytatott elsődleges játék arra irányul, hogy a fogalmak logikai kapcsolatával megfeleltetést érjen el."/Idézi Horváth Gy., id.m.113.o./

A fentiek alapján a következőket szűrhetjük le: A műszaki gondolkodás folyamatában lépten - nyomon megtalálhatók a vizuális gondolkodási lépések, amik annál nagyobb mértékben segítik a gondolkodási folyamatot, minél inkább közel állnak szemléletünkhöz. Vagyis minél szemléletesebb az a képzet, ami a vizuális gondolkodás révén jut el tudatunkig, annál inkább biztosíthatják a helyes műszaki gondolkodási folyamat létrejöttét. Tehát a műszaki gondolkodást meghatározó pszichikus folyamat: a szemléletes műszaki gondolkodás.

A szemléletes műszaki gondolkodás kialakulásában jelentős szerepe van a szemléltetésnek. A szemléltetés az oktatásban elengedhetetlen követelmény. Ágoston György a következőképpen fogalmaz: "...a valóság eleven szemléletének nemcsak alsó fokon, nemcsak az ismeretszerzés folyamatának kezdetekor, kiindulásakor van jelentősége, hanem az ismeretszerzés minden fokán és minden fázisában. Szerepe van az új és egyre magasabb színvonalu absztrakt ismeretekhez való eljutásban, és szerepe van azok általánosításában és alkalmazásában. Az ismeretek minél eredményesebb elsajátítása és gyakorlati alkalmazása tehát a konkrét valóságnak

az ismeretszerzés folyamatába való többszöri / nem végnélküli, meghatározott számú / bekapcsolását is igényli".

Dr. Ágoston Gy., 1966.66.o./ A szemléltetés révén ezen konkrét valóságokat kell többször és többféleképpen bekapcsolnunk a megismerés folyamatába, mégpedig oly módon, hogy biztosítva legyen az aktív pedagógiai szituáció, amelynek lényege nemcsak az érzékelés, de a gondolkodó és cselekvő tevékenység is.

A szemléltetés elősegítői a szemléltetőeszközök, amit a következőképpen definiálhatunk: "...szemléltetőeszköznek minősül minden olyan információhordozó tárgy, amely a tárgyalat objektumot eredetben, vagy valamilyen összefüggésben jeleníti meg, és az oktatás - nevelés folyamatában szervezett formában kerül felhasználásra". / Bodó L., 1976.234.o./

Vizsgáljuk meg, hogy a tárgyszerű szemléltetés hogyan befolyásolja az ismeretek gyakorlatban való alkalmazása készségének kifejlesztését, valamint az értelmi cselekvés létrehozóját, az interiorizációt.

A tárgyi eszközök a műszaki műveltség fejlesztésének fontos tényezői. Bruner a következőket mondja: "...az emberi intelligencia legalább annyira köszönhető a tárgyi eszközöknek, mint amennyire az agy strukturális fejlettségének". /Idézi: Kelemen L., 1976.3.o./ Szavai általános érvényűek, s így vonatkoztathatjuk a műszaki megismerés folyamatára is.

Nem szervezett kísérlettel, de mégis tudatos munka eredményével bizonyíthatjuk gyakorlatból vett példa alapján, hogy az olyan szemléletes oktatás, amely során az új ismeretek elsajátítása tárgyszerű szemléltetőeszközökkel történik, szembetűnően hatékony. Így van ez akkor is, ha az eszköz nem kerülhet a tanulók kezébe. Az elvnek vagy működésnek az elsajátítása könnyebb, hisz nem kell a tanulóknak figyelmüket a rajz vagy séma /legrosszabb esetben a verbális ismeretközlés/ által közölt ismeretek elsajátítására fordítani. Kimarad tehát az a közbenső fázis, amely biztosítani

hivatott a szimbólikus forma tárgyszerűvé képzését az egyén tudatába. Az eszköz - ami vagy maga a tárgy, vagy annak elvét szemléletesen tükröző makett, modell - olyan kapcsolatokat, összefüggéseket is sugallhat, amelyek a rajzon, vázlaton rejtve maradhatnak. Nem mintha nem ábrázolná a rajz, de a tárgyon kirivóbb, szembetűnőbb. A fentiek alapján megfogalmazható, hogy az adektívát szemléltetés nagymértékben elősegíti az interiorizáció kialakulását.

Ha az aktuális szemléltetőeszközök minden tanuló által hozzáférhetők, azonos helyen és időben, akkor eljutottunk Galperin elképzeléséhez: a tanulók a cselekvésen keresztül sajátíthatják el az ismereteket. Ez nem jelenti azt, hogy nem lesz probléma többé az elsajátított ismeretek gyakorlatban való alkalmazása készségének kialakítása, de a szemléltetőeszközökkel való oktatás jóval hatékonyabb - amit a gyakorlat szintén igazol.

Vegyük példaként a feszültségmérés megtanítását. A tanuló fokozatosan "adagolva" kapja az elméleti és vele párhuzamosan a gyakorlati ismereteket is. 1. "Nullázzuk az alapműszert, mert csak így mutatja a pontos értéket, hisz a skála nullpontjára van hitelesítve a műszer. A nullázás az alapműszer skála alatti részén középen található excentercsavarral, ennek elfordítása csavarhúzóval történik." Ennyi elméleti ismeret már biztosítja a gyakorlati cselekvés végrehajtását. A nullázás manuális tevékenysége "érez-teti" a nullpont helyét /parallaxishiba felidézése/, az excentercsavar "hatását". 2. "Állítsuk be a méréshatás kapcsolót úgy, hogy a várható feszültség érték a skála harmadik harmadába essen." Manuális tevékenység következik. A tanulók igazolják, ill. indokolják a beállítás kikötését. /Relatív hiba !/ 3. "Állítsuk be az áramnem-kapcsolót a megfelelő helyre." - Manuális tevékenység. 4. "A feszültségmérőt mindig párhuzamosan kapcsoljuk a mérendő feszültséggel. Mérjük meg a feszültséget!" Manuális tevékenység. 5. "Olvassuk le a mért feszültség értékét!"

/ A skála és a méréshatárkapcsoló viszonya !/

Vázlatosan, a teljesség igénye nélkül mutattuk itt be az elmélet és a gyakorlat összefüggését. Számtalan más, ugyan-csak fontos lépésre van szükség még az elsajátításhoz, de itt csak azt szeretnénk szemléltetni, hogy az "értelmi cselekvés" szintjére való eljutáshoz miképpen járul hozzá a konkrét tárgyi cselekvés.

A konkrét, tárgyi cselekvés nem csupán az értelmi cselekvést idézi elő, de a témához kapcsolódó gondolati cselekvésekre is készítet, tehát az interiorizáció Galperin által megfogalmazott jelentésén túl ismereteket is közöl, segíti a megismerés folyamatát, biztosítja a fejlődést.

Lényegileg tehát: az interiorizáció az értelmi cselekvés létrehozója, de nem pusztán "tükrözési" folyamat, hanem a megismerés és a fejlődés egyik lényeges mozzanata. Az interiorizációt pedig a szemléltetéssel lendíthetjük előbbre, az adekvát szemléltetéssel támogathatjuk kialakulását.

Fenti példánkban a szemléltetőeszköz egy mérőműszer, aminek nem a szemléltetés az elsőrendű feladata. Természetesen van olyan mérőműszer, aminek az a feladata, hogy szemléltetés során alkalmazzák csak. Az eszköznek - egyáltalán a szemléltetésnek - jelentős szerepe van a gondolkodás folyamatában.

Ahhoz, hogy az érzéki - absztrakt - gyakorlat háromszög minél gazdagabb tartalommal bírjon, már a gondolkodás első fázisában megfelelő mennyiségű és minőségű információra van szükség. Nem elég azonban a nagy információáradat, sőt a leggyakrabban "szétszórttá" válik a dolog, amelyről szó van. Lényeges az információk aktuális tartalma. Fontos az is, hogy az aktuális tartalom váljék ki a mellékes, szükségtelen információk halmazából. Az "eleven szemlélet" valóban eleven legyen, s lehetőleg a szubjektum zavaró hatását kiküszöbölve, biztosítsa az érzéki objektivet. A megismerés tárgya öltse "tárgy alakot", szemléltetőeszköz

formájában, s közvetítse a tanulókkal a tényleges tartalmat úgy, hogy az érzékszervek által nyert tapasztalatok közel azonosan legyenek. Ahhoz, hogy a szemléltetőeszköz megvalósítsa a vele szemben támasztott követelményeket, alapos gonddal kell megtervezni és elkészíteni. A tervezésnél fontos szempont a tanulók fejlettségi szintje, egyszerűbben az életkoruk figyelembevétele.

Fontos még az is, hogy milyen mértékben kell az adott ismereteket elsajátíttatni. Alapos, átgondolt munkával a szemléltetőeszközök felmérhetetlen segítséget adnak az ismeretek közléséhez, átadásához. Az eszköz módot ad arra, hogy a valóság közvetlenül adott, érzékileg felfogható képből kiindulva a zavaró, a tény szempontjából mellékes adatokat figyelmen kívül hagyva /elvonatkoztatva/, fogalmakba öntve, ismerőssé váljon a dolog lényege. Az eszköz és a gondolkodásra serkentő tanári munka pedig biztosíthatja az aktuális tulajdonságok, ismeretek összegzését, s ezen tulajdonságok, ismeretek alapján a tények érzékileg megfigyelhető jellemzőinek tudományos magyarázatát.

3. A g o n d o l k o d á s m ó d s z e r é n e k
k i a l a k u l á s a , a g o n d o l k o d á s -
b a n v a l ó j á r t a s s á g k i a l a k u -
l á s a - k ü l ö n ö s t e k i n t e t t e l a
s z e m l é l e t e s m ű s z a k i g o n d o l -
k o d á s r a

A gondolkodás módszerének kialakításához elsődleges ut a gondolkodási tevékenységre való késztetés. Ágoston György a következőket mondja: " A tananyagnak feladatok, problémák megoldása útján történő elsajátítása pedig teljesíti a gondolkodásfejlesztés feltételét: a tanulók értelmi erőinek tényleges aktivizálását, működtetését." /Dr.Ágoston Gy., 1973.197.o./ Ez pedig azt jelenti, hogy a tanulót problémahelyzet elé kell állítani. Tehát a gondolkodás megindulását, létrejöttét a problémahelyzet váltja ki, amiben rejtetten van a kifejezetlen /implicit/ tény. A problémahelyzet határozza meg a gondolkodás irányát, aminek feladata a kifejezetlen dolgok kifejezése, explicitté tétele. A kifejezett dolog nem más, mint a gondolkodás eredménye. Az eredmény pedig visszahat a folyamatra, szoros összefüggés van közöttük. " A gondolkodás előfeltétele a gondolkodásra készítő érzelmi állapot és az akarati tulajdonságok bizonyos színvonala, de a gondolkodás eredményei: a tudományos igazságok, a világnézeti, erkölcsi, esztétikai elvek maguk válnak azután a legállandóbb, legerősebb érzelmek forrásaivá, cselekedeteink legfőbb motivumaivá és céljaivá." - állapítja meg Ágoston György/Dr.Ágoston Gy., id.m. 195.o./. Belátható ez abból is, hogy a gondolkodási folyamat egyes lépései, az analízis, szintézis is mintegy termékei a gondolkodásnak, amelyek aztán hatással vannak a folyamat további menetére, az újabb analízis, szintézis, stb. kialakítására. / Az analízis és szintézis gondolkodás folyamatában betöltött szerepéről részletesebben szönlunk a következő fejezetekben !/.

A problémahelyzet milyensége határozza meg a gondolkodás eredményét.

- Ha a felvetett probléma az adott egyénnek ismerős, vagy túl primitív, akkor szinte "gondolkodás nélkül" oldja meg a feladatot, problémát. Itt nem beszélhetünk gondolkodásról, hiszen az adott ismeretek közül kiválasztani a helyeset, a szó igazi értelmében nem jelent gondolkodást.
- Más a helyzet, ha a felmerülő probléma valóban nehézséget jelent az egyénnek. Amennyiben adekvát a probléma nehézsége a tanuló számára, s megfelelő a motivációs hatás, akkor kezdődik el a gondolkodás folyamata a feladat irányába. Természetesen a megoldás minősíti a gondolkodás jóságát.

A gondolkodás tehát a problémahelyzettel veszi kezdetét, amelynek kialakítása a tanár feladata a tanítási órákon. A pusztán szóval kialakított "helyzet" motiváló hatása nem veheti fel a versenyt az eszközökkel biztosítottával. Főként nem a műszaki-szakmai tantárgyak oktatásában. Könnyen belátható ez egy egészen egyszerű esetben is, konkrétan a finommechanika tantárgy tengelykapcsolók témakörében is. Két tengely merev vagy oldható kapcsolatának kialakítása a feladat. A két tengelyvég "felmutatásával" vagy anélkül boncolgatva a kérdést, meglepő különbség mutatkozik. A magyarázat kézenfekvő. A tengelyek felmutatása esetén a minimálisan szükséges négy fő alkatrész közül kettő már adott. A figyelemnek a két kapcsolódó alkatrészsre kell irányulnia, csak ezeket kell felfedezni.

- Az első, szélsőséges esethez hasonló az, amikor a megoldás gyakorlatilag elmarad. Az előidézett problémahelyzet olyan ismereteket igényel, amelyekkel nem rendelkezik az egyén, vagy az elegendő ismeretanyaggal olyan műveleteket kellene végeznie a tanulóknak, amelyre még fejlettségi szintje alapján nem képes. Mindkét esetben negatív lesz a sikerélmény, ami a legtöbb esetben célszerűtlen.

A gondolkodás és a tanulás egymást kiegészítő, egymásra épülő folyamatok. A gondolkodás az egyik legfontosabb, legmagasabbfoku megismerő tevékenység, s a tanulással fejlődik leginkább, ami visszahat a megismerő tevékenységre.

A gondolkodás két azonos objektív tényező hatása alatt álló személynél sem egyforma. A végeredmény lehet azonos, s látszólag hasonló vagy ugyanolyan "uton" juthat el a két személy a válaszhoz, de a gondolkodás menete a legritkább esetben sem azonos. Ahhoz viszont, hogy egy feladatot egy egész osztály megértsen, annak megoldásmenete valamennyi tanuló előtt egyértelmű legyen, rá kell vezetni a tanulókat a legoptimálisabb gondolatmenetre. Nem biztos, hogy a legrövidebb megoldás a leghatékonyabb. Igaz, hogy a tanulók egy bizonyos / egy közepes szintű osztályban nagyon kevés /részének érdekesebb, izgalmasabb a rövidebb, közbenső lépéseket mellőző megoldás, de ezzel nagy kárt tehetünk az osztály többi tanulójának előrehaladásában. Azzal, hogy a tanár ad egy jó megoldásmenetet, még korántsem érte el célját a gondolkodás kialakítása terén. Ahhoz, hogy a gondolkodásban való jártasság kialakuljon, az ismeretek alkalmazásának módszerét kell megtanítani, hisz a gondolkodás helyes módszerének kialakulása az ismeretek alkalmazása folytán megy végbe. Ugyanakkor ezzel párhuzamosan újabb, eddig nem ismert tények kerülnek napvilágra.

Nézzük meg egy konkrét példán keresztül, hogy melyek azok a jellemző jegyek a gondolkodásban, amelyek az alábbi műszaki feladatban várhatóan kialakulnak az ismeretek alkalmazása révén.

Feladat: Határozd meg a Deprez-műszer kitérítő nyomatékát, ha az 55 menetszámu, 24 mm hosszú lengőtekercs 2500 Gauss-os mágneses térben mozdulhat el. A téglatest alakú tekercs rövidebb oldala 14 mm hosszú, s rajta 4 mA-es

áram folyik át.

Már a feladat megoldásánál figyelni kell az érthetőség, a logikus és tiszta kérdésfeltevésre, az adatok egyértelműségére. A feladat szövegének mintegy sugalmaznia kell az "összetartozó" adatokat, egy kicsit a műszer működési elvét is. Vigyázni kell viszont arra, hogy csak a verbális ismeretekkel ne érhessen el jó eredményeket a tanuló, tehát helytelen lenne, ha a feladatban: $B = 2500 \text{ G}$; $l = 24 \text{ mm}$; $n = 55 \text{ menet stb.}$ módon adnánk meg az adatokat. Ez esetben fennállna az a veszély, hogy a tanuló csak arra emlékezne, hogy " az összes adatot össze kell szorozni". Ezzel hozzásegítenénk a tanulókat a mechanikus feladatmegoldáshoz, amellyel sem ismeretei, sem gondolkodóképessége nem fejlődnének, legfeljebb a számolási készségük. Az olyan feladatoknál, amelyeknél a kérdésre a választ egy összetettebb képlettel, illetve a képletbe való behelyettesítéssel és számítással lehet megadni, célszerű a részeredményeket is kérdezni, de legalább az összetett képlet levezetését meg kell követelni. Az előző feladatnál ajánlatos az egy menetre ható erő értékét, majd a több menetre ható erő értékét és végül a nyomatékot kérdezni. A gondolkodás folyamatában az érzékelés, észlelés jegyei jelentkeznek először. Hallja vagy olvassa a feladatot ! Egy műszaki feladat hallása vagy látása az arra érzékenyeket azonnal gondolkodásra kényszeríti. / Az érzékenységet a műszaki középiskolában ki kell fejleszteni, pontosabban kialakítani és a legmagasabb szintre kell fejleszteni./ Természetesen már itt jelentkezik az első mozzanattal szorosan összeszövődve a másik is: a megfigyelés. Ha őszintén koncentrál az olvasásra, vagy a felolvasásra a tanuló, akkor számos, egyébként figyelmet felkeltő tény is elkerülheti figyelmét, mert már képes csak a feladat szövegére figyelni. Nagyon fontos a megfigyelőképesség fejlettsége. Számtalan esetben nagyobb hasznot huz belőle az egyén, mint a felhalmozott ismeret.

retanyagból.

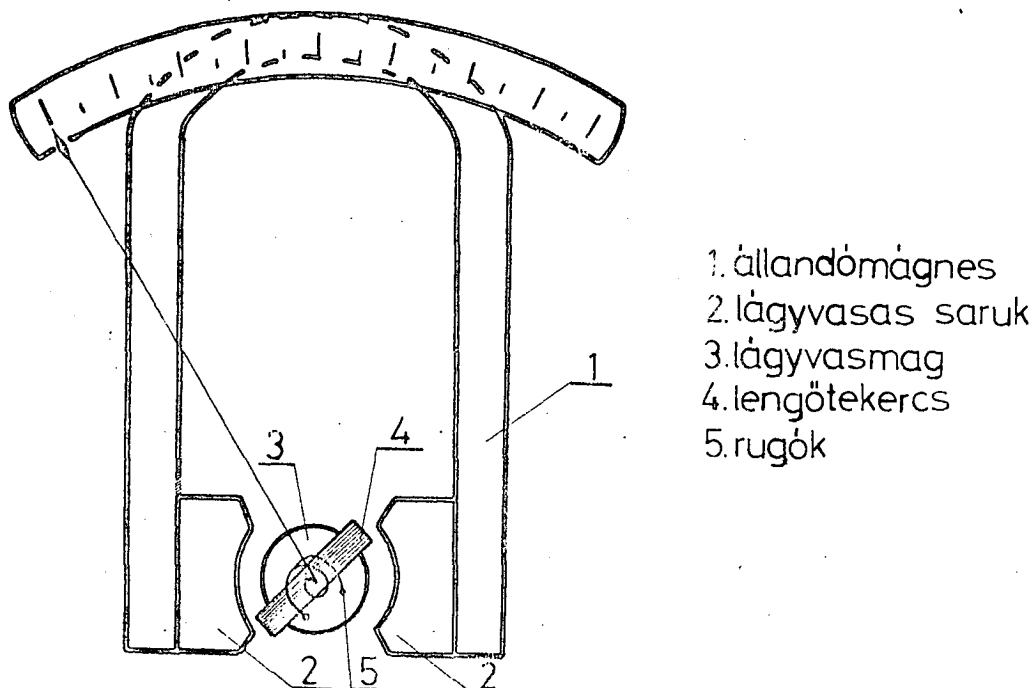
Az előbbiekben említett mechanikus feladatmegoldás a megfigyelőképességet is ronthatja. Jó, ha kezdetben elrejtünk feladatainkban felesleges adatokat is, vigyázva arra, hogy ezek ne vezessék félre a tanulókat.

Már a feladat elolvasása közben is szükség van az emlékezetre. Emlékezni kell a tanulónak arra, hogy milyen betűvel jelölték az előző órán a mágneses indukciót, a menetszámot stb. Minderre pedig azért van szükség, hogy a már sztereotippé vált adatfelvételt, vagy a felolvasás, vagy az elolvasás alapján elvégezze a tanuló. Itt könnyen beláthatjuk, hogy a gondolkodás folyamata nem azonos még két személy esetében sem. Ha észrevesszük azt, hogy a gondolkodás egyik specifikus jegye nem egyezik meg két kiválasztott személlynél, akkor már a gondolkodás egésze sem lehet azonos.

Egészen különös módon emlékeznek vissza a tanulók a fogalmak betűjelölésére vagy egyes fogalmakra. Rendkívül érdekes asszociációk tartanak emlékezetben egészen egyszerű tényeket. /Megfigyelhető ez az idegen szavak esetében is./

Nagy szerepe van az emlékezetnek a feladat logikus megoldásához elengedhetetlenül fontos egyszerű rajz, vonalas ábra felvételénél. Vissza kell emlékezni vagy a táblai rajzra, vagy az előző órán kézbe adott szemléltetőeszközre. De ahhoz, hogy vissza tudjon emlékezni, annak idején észlelni kellett, meg kellett figyelni a rajzot vagy eszközt, s ez így folytatható! Ebben az esetben legcélszerűbb a műszert közreadni. Magától érthető, hogy az a legszerencsésebb megoldás, ha már mérésre nem alkalmas műszert kiemelve a tokból, a zavaró elemeket eltávolítva, csak a lényeges alkatrészeket

hagyjuk meg szemléltetőeszközként. A Deprez-műszer szemléltetésénél nem ajánlatos külön színezésekkel a tényleges külalakot megváltoztatni, mert ez félrevezető is lehet.



A rajz, mint a fenti képen is látszik, az eszköz elvileg lényeges részeit tartalmazza.

Gyakorlati tény, hogy a tanulók nagy része nem a táblai rajzra fog visszaemlékezni, hanem a kézzel fogott, "megpiszkált" szemléltetőeszközt. S itt van szerepe a feladat szövegének, amely sejteti a működést, az adatok megadásának sorrendjével. Konkrétan a Deprez-műszer alapegyenletére gondolhatunk itt, ahol az $\alpha = k$. I alapegyenletből jól látható a kitérítés függése az áramtól. A k tartalmazza a B -t, n -et, stb.

Nemcsak a komplett feladat megoldásánál tapasztalhatók a megismerés mozzanatai, hanem az egyes részegységek vizsgálatánál is kirajzolódnak ezek a sajátosságok / pl. a rajz felvétele során is/. A működési vázlat alapján em-

lékezetek és a következtetések követik egymást, külön-külön vagy egybeszövődve, egymástól elválaszthatatlanul. A kérdés alapján visszaemlékszik a tanuló az alapegyenletre: $M = F \cdot k$ / vagyis nyomaték = erő szorozva erőkarral/. Ez alapján, ha először van szó a Deprez-műszer kitérítő nyomatékáról, következtet a villamos nyomatéokra, pontosabban arra a nyomatékra, amelyet az áram hoz létre. Elsőként megfigyeli jól a rajzot, amely maga mutatja az erőt és a karját. Ebben a példában következtetés és emlékezés útján rá kell jönnie a tanulónak, hogy itt erőpárról van szó, amelynek nyomatéka: $M = F \cdot d$. Erre a képletre vagy emlékszik a tanuló, vagy kikövetkezteti az $M = F \cdot k$ -ból. / A kikövetkeztetést legtöbbször provokálni kell ! / Analógot von az eddig tanult erőpárok és az itt látható erőpár között. Következtet az általános erőpárról a mostani speciálisra. Így létrejön az az alapegyenlet, amely ugyanaz, mint az előbbi, de most már nagyobb tartalommal bír. $M_{KI} /$ az áram által létrehozott kitérítő nyomaték $= F \cdot d$ /áramtól függő erő szorozva d-vel, a két erő közötti távolsággal/. A következőkben meg kell keresni, hogy miféle összefüggés van az erő és az áram, valamint a többi erőt befolyásoló tényező között. Középiskolában elégedettek lehetünk az emlékezet útján szolgáltatott: $F = B \cdot I \cdot l$ képlettel, amelyben viszont tudni kell a képlet tartalmát is, hisz az egyetlen vezetőkeretre vonatkozik, a feladatban pedig 55 ilyen vezetőkeret van együtt. Ez utóbbi megállapításra ismét következtetés útján juthat el a tanuló.

Most már az F tartalma ismert, még a d hiányzik. Visszaemlékezve a gépkocsikormány kerék forgatásának klasszikus példájára, következtetés útján rájön a tanuló, hogy a d -nek a téglatest alakú tekercs rövidebb oldala felel meg. Így a továbbiakban a "kihozott" képletbe kell behelyettesíteni, s kiszámítható a helyes eredmény.

A feladat lényegének átlátását egyetlen gondolatmenet alapján elvégezheti a tanuló, s így eljuthat az elvi

megoldás helyes végeredményéhez.

Az itt leírt menet egyik módja a megoldásnak, ugyanakkor a jó eredmény számtalan más úton is elérhető.

A legszerencsésebb az, ha így, vagy lényegileg ilyen módon oldják meg a feladatot, mert ez a metodika tesz legnagyobb szolgálatot a gondolkodás fejlesztése érdekében. Hisz a gondolkodás specifikumai közül kiemelkedik a leglényegesebb: a következtetés. A fenti megoldásmenetben pedig a lehető legkevesebb új ismeret segítségével következtethette ki a tanuló a helyes megoldást. Ha csak az alapképletet és magyarázatait ismeri a tanuló, de azok oksági összefüggéseit nem, akkor ujnak tűnik az, aminek valamennyi részét külön-külön ismeri, de szintetizálva nem találkozott még a problémával.

Összegzésül rögzítsük azokat a kritériumokat, amik nagymértékben hozzájárulnak a műszaki gondolkodás módszerének kialakulásához:

- A gondolkodási módszer kialakításának alapvető része a gondolkodási tevékenységre való késztetés, amit a problémahelyzet létrehozásával valósíthatunk meg, elsősorban. Igaz ez a gondolkodás bármelyik típusára, így a műszaki gondolkodásra is.
- A probléma nehézsége legyen szinkronban a tanulók fejlettségi szintjével. Előzőleg biztosítani kell a probléma megoldásához szükséges ismeretek elsajátításának feltételeit. A megoldandó problémák nehézsége legyen optimális. Megoldásuk ne kívánjon még el nem sajátított ismeretek alkalmazását, de ne legyen megoldható alapos átgondolás /analízis, szintézis, stb./ nélkül sem.
- Mutassuk meg az optimális gondolkodási folyamat lépéseit, de nem lehet / nem tudunk / egyénekre szabott

lépéssorozatot adni, hisz a gondolkodási folyamat mozanatainak sora egyénenként változó.

- A problémák, feladatok érthetőek, egyértelműek, élet-szerűek legyenek és sejtessék a megoldás első lépéseit.
- A probléma, a feladat megoldása - természetük adta lehetőségein belül - minél több ismeret alkalmazását igényelje. A műszaki feladatokban igyekezzünk - a műszaki gondolkodás sajátosságából adódóan - a képi gondolkodásra építeni.
- A gondolkodási tevékenység hibáit igyekezzünk megelőzni, illetve kiküszöbölni.

/Erről a következő fejezetben részletesebben is szólnunk./

4. A g o n d o l k o d á s i t e v é k e n y s é g h i b á i

Tanulni nemcsak a hibátlanból, de a hibásból is lehet. Tehát a gondolkodási folyamatban fellelhető hibák is hozzájárulhatnak a gondolkodás fejlesztéséhez. Először a hibát fel kell ismerni, aztán hasznosítani. Erről Beke Manó a következőket írja: " A hibák elkerülésének, vagy azok minimumra való szállításának legfontosabb kel- léke az, hogy a tanár a hibákat ismerje, felismerje és azok okait türelmesen keresse. E keresésnél én mindig azt az elvet követtem, hogy először a magam eljárásában, azután a tárgy természetében, és csak harmadszor keres- tem a növendékben a hibát. Azt hiszem, ez a legjobb el- járás nemcsak a gondolkodásbeli, hanem egyéb hibák fel- ismerésére és orvoslására is." /Idézi Dr. Lénárd F., id.m. 318.o./

Itt főként a tanulók által elkövetett hibákról emlékez- zünk meg.

A gyakorlat során a pontatlan megfogalmazások, megnevezé- sek, a fordított sorrendű következtetések, szakszerűtlen definíciók fordulnak elő leginkább. A hibák okait kutat- va észrevehető, hogy nemcsak a tudásbeli hiányosságok az okai, hanem képtelen a tanuló észrevenni az összes ténye- zőt, amelyek látása nélkül nem egész az adott jelenség. A hibák legfőbb okai mégis a hiányos ismeretekben keresen- dők, amelyek kialakulását esetenként a tankönyvek is okoz- hatják. A tankönyvekben található hibás meghatározások leg- többje a jóindulatu szimplifikáció szüleménye. A teljesít- ményképes tudás elsajátításának, a gondolkodás fejleszté- sének alapvető feltétele az alapfogalmak és az azok közti összefüggések átplántálása a tanulóba. Így pl. a már em- litett példa /Deprez-műszer kitéritőnyomatékának - M_{ki} - meghatározása / helyes megoldásának feltétele a nyomaték fogalmának ismerete - itt konkrétan az erőpár forgató- nyomatéka -, a vezetőkeretre mágneses térben ható erőnek

a tudása.

Itt említhető meg a függvényyszerű gondolkodás lényege is. Az általános elvi ismeretek közlésének, a Deprez-műszer alapegyenlet levezetésének eredményét $\alpha' = k$. I összefüggést / ábrázolni kell. Ez rendszerint nem is szokott problémát okozni. Annál nehezebbnek bizonyul viszont a műszerek stabilitását, illetve instabilitását ábrázoló függvény értelmezése, hisz figyelembe kell venni még a visszatérítő nyomaték görbéjét is. / Még szerencse, hogy mind a kitérítő, mind a visszatérítő nyomaték lineáris a kitérés szögének függvényében/. A stabilis és az instabil állapot értelmezésénél, magának a fogalomnak megértetése könnyűnek látszik, de a szakszerű meghatározás, a fajlagos beállító nyomaték nehézkes értelmezése miatt gyakran elmarad. Itt már a szemléltetés is hallatlan nehéz, tárgyszerűen pedig lehetetlen. Nehéz a szemléltetés, hisz a függvény ábrázolása lenne a tulajdonképpeni szemléltetőeszköz. Ilyen és hasonló problémák esetében érzi a pedagógus a matematika és a fizika esetleges hiányosságait. A hiányosságon pedig leggyakrabban a teljesítményképes matematikai alapismeretek hiánya értenődő. Gyakori, hogy még a közepes tanulók is csak az ábrázolással birkóznak meg, de a gondolkodást igénylő analízis - szintetizáló műveleteket csak hathatós tanári segítséggel képesek végezni. Kedvezőbbek a tapasztalatok, ha ilyen jellegű ismeretek tárgyalása előtt röviden áismételjük a szilárdnak éppen nem mondható alapösszefüggéseket, alapfogalmakat. Az ismétlésre akkor is szükség szokott lenni, amikor az alapfogalmak, alapösszefüggések már a tudás szintjére emelkedtek előzően.

A gondolkodási tevékenység gyakori hibája még a mechanikus gondolkodás. A mechanikus gondolkodás fő jellemzője, hogy a gondolati lépések olyan merev kapcsolatban vannak egymással, hogy azon a gondolkodó egyén nem tud változtatni. A változtatás nem megy akkor sem, ha a problémahelyzet megkivánná a rugalmasságot, módosítani tudást. Lénárd

hasonlatával élve: "...a mechanikus gondolkodás hasonlít a verklihez, amely mindig csak egy dallamot tud visszaadni, változatlan formában." /Dr. Lénárd F., id.m. 325.o./

A gondolati lépések merev kapcsolatával szoros kapcsolatban jelentkezik az is, hogy ezen lépéseket nem tudja alátámasztani, indokolni a tanuló.

Sok esetben az első benyomás megtévesztő a gondolkodás milyenségének megítélésében. Látszólag mechanikusan gondolkodik a tanuló.

A már többször említett példában - Deprez-műszer kitérítő nyomatóka M_{ki} - is úgy tűnik, hogy mechanikus a tanuló gondolkodása.

A diákok 90 %-ának "előadásában" egy bemagolt képletet hallhatunk. S hogy ez mennyire nem bemagolt, bizonyítja a gyakorlat. Még a leggyengébb tanuló is képes különválasztani az egyes komponenseket / a mágneses térben mozgó l hosszúságu, I árammal átjárt egy szál vezetőből álló keretre ható erő, azaz $F_1 = B \cdot I \cdot l$, az n menet-szám okozta erő-összegződés: $F_2 = n \cdot B \cdot I \cdot l$, a nyomatók, pontosabban az erőpár forgatónyomatóka: $M_{Ki} = F \cdot d = F \cdot 2r = n \cdot B \cdot I \cdot l \cdot 2r$.

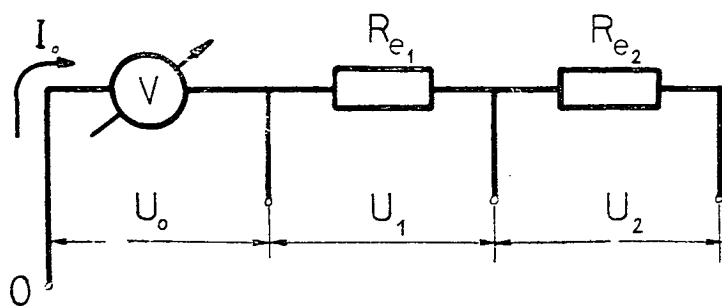
A fenti példa jól demonstrálja a nem mechanikus gondolkodás menetét. Igaz, hogy a képletet szinte valamennyi tanuló mechanikusan mondja el, de ha rákérdezzünk, azt indokolni is képes. A nem-mechanikus gondolkodásnak legkevésbé sem feltétele a lassu, megfontolt gondolatmenet.

Gyakori az olyan gondolkodási hiba, amelynél a mechanikus gondolkodás kombinálódik a formalizmussal és verbalizmussal. A gondolatmenet elemei, lépései nem rendelkeznek alapos tartalommal. Az egyes lépéseket csak hibásan értelmezve, hiányosan tudják elmondani a tanulók, tehát csak formális, látszattudás van. Figyelemre méltó az

az eset, amikor a gondolkodási lépések tartalmát verbálisan ismerik a tanulók. A fenti példában az 1 hatásos hossz elnevezést igen, de annak pontos tartalmát nem ismeri a tanuló. A mechanikus gondolkodás tehát a gondolkodás lépéseire, a formalista és verbális gondolkodás pedig a tartalomra vonatkozik. Arra kell tehát törekedni, hogy ne betűket, jeleket tanuljanak meg diákjaink, hanem fogalmakat, jelentéseket.

Gyakran előfordul, hogy a tankönyvek nem azonos betűkkel jelölnek, azonos fogalmakat. Ezzel viszont nem magyarázható a feladat helyes megoldásának hiánya. Nagy baj már az, ha a feladat megoldása azért akad meg, mert "ezt a jelölést nem ismerem!" - jelenti ki a tanuló. Köteles viszont a tanár is a szakszerű, egyértelmű feladatszöveget biztosítani, s nemcsak betűkkel megadni az ismert adatokat. A jelölések nemzetközileg elfogadott formáját nem szabad megváltoztatni. Egységesnek és megváltoztathatatatlannak kell lennie a műszaki és szakrajz jelölésrendszerének is.

Ha megfelelő feladatokkal rögzítjük a fogalmakat és jelöléseket az olyan gyakori feladatnál, mint az Ohm-törvény alkalmazását igénylő előtét vagy sönt-számításnál, akkor elegendő az alábbi, írásvetítővel vagy diavetítővel kivetített kép is:



Adatok:

$$I_0 = 100 \mu A$$

$$U_0 = 100 \text{ mV}$$

$$U_1 = 1 \text{ V}$$

$$U_2 = 3 \text{ V}$$

$$R_{e1} = ?$$

$$R_{e2} = ?$$

Összegezve: a gondolkodás tevékenységében tapasztaltunk szerint a következő hibák okozhatnak nehézséget:

- hiányos ismeretek, amit a nem megfelelő tankönyvek is okozhatnak,
- a gondolkodás elemeinek fejletlenségei, konkrétan a műszaki gondolkodásban, a képi gondolkodás fejletlen szintje, ami kiválthatja a
- mechanikus gondolkodás-t is,
- a verbelizmus és formalizmus.

A hibákat megfelelő oktatási módszerek alkalmazásával kerülhetjük el, illetve javíthatjuk ki.

II. AZ ANALIZIS ÉS SZINTÉZIS FOLYAMATA A MŰSZAKI GONDOLKODÁSBAN

A műszaki gondolkodás, mint a tudományos gondolkodás egyik jelentős fajtája, az analízis és a szintézis útján valósul meg. Azonban itt is megnyilvánul a műszaki gondolkodásnak az a sajátossága, hogy jelen van a képi gondolkodás. Az analízis és a szintézis a képi gondolkodás révén jön létre.

Az objektív világ analízise útján jut el a műszaki gondolkodás is az absztrakcióhoz, amelyek újbóli gyakorlatba való ültetése, az ismeretek szintetizálása rekonstruálja a valóságot.

Mik is egyáltalán az analízis, a szintézis, az elvonás és az általánosítás jellemzői, meghatározói ?

Az analízis és szintézis két ellentétes, de szoros összefüggésben lévő fogalom. B.M. Tyeplov a következőképpen definiál: " Az analízis a tárgy vagy jelenség gondolati felosztása, egyes részeinek, ismertetőjeleinek, tulajdonságainak kiemelése; a szintézis az egyes elemeknek, részeknek, ismertetőjeleknek valamilyen egészszé való gondolati egyesítése." /Tyeplov, B.M., 1950.110.o./

Kitűnik, hogy az analízis útján jutunk el az absztrakcióhoz, hisz a dolgok, jelenségek tulajdonságainak kiemelése az egészből, elvonatkoztatás a lényegtelenektől / adott esetben a jelentéktelenektől/, ez maga az absztrakció.

Ugyanigy a szintézis útján jutunk el az általánosításhoz, mert a dolgok, jelenségek tulajdonságainak gondolati egyesítése adja az általánost.

A gondolkodási folyamat közben az analitikus tevékenységgel együtt, egymást át- meg átszöve jelentkezik a szintetikus tevékenység. A szintetikus tevékenység összegzi az analízis termékeit, a dolgok, jelenségek mélyen jellemző tulajdonságait. A szintézis nem csupán integrálás, nem az analízis eredményének egyszerű összegzése,

hanem a kölcsönös vonatkozásokat figyelembe véve, új tartalommal gazdagítva adja vissza az analitikus tevékenység termékeit. Az analízis útján vizsgált egység újraépítése a szintetikus tevékenység. Az eredeti konkrétság tartalma pedig attól függ, hogy lényegi tulajdonságait, azok viszonyát egymáshoz és a valósághoz hogyan elemeztük.

Nézzük meg például, hogy hogyan állapítja meg a tanuló az előtte álló szabályozási kör lényegét, feladatát, működési elvét.

Ahhoz, hogy egységesen lássa a berendezés működését, előbb analizálásra van szükség. Elemezni kell a berendezést, elsőként fel kell ismerni a szerveket./Igy pl. az alapjelképző-, különbségképző, beavatkozó szerveket stb./ Az analízis kiindulhat a szabályozástechnikai elemek elemzéséből is, ha még az elemek halmaza nem ismert ránézésből.

A szintetikus tevékenység alapja az analitikus tevékenység.

A példában, a szabályozó berendezés működése a szervek funkciójának alapos ismerete révén érthető meg, "fedezhető fel" a tanulókkal, a berendezés egésze. Tehát a gondolkodás szintetikus műveletére van szükség az egész megértéséhez. Gyakorta tapasztalható, hogy nincs szükség az analízis egész sorára. Néhány egység analitikus vizsgálata után rájön a tanuló a megoldásra; ez a gondolkodás szintetizáló művelete. A megerősítés érdekében rendszerint ezután is sor kerül a további analízisre, az egységek funkciójának tisztázására. A műszaki gondolkodásban - s itt főként a középfoku műszaki képzésre gondoljunk - legtöbb esetben a gyakorlati élet során játszanak fontos szerepet az analitikus és szintetikus tevékenységek. Gondoljunk csak a már említett Fuess-féle miniméter egyes elemeinek kiemelésére, vagy az egyes elemekből a mérőeszköz összeállítására. Aki nem ismeri a miniméter elvét, pontosabban a konkrét mérőeszközt, nem látta a belső felé-

pitését, nem szedte szét vagy nem rakta össze, nem képes gondolatban sem a tevékenységre. Gondolatban sem tudja az összetett műszert analizálni, és az egyes részek egybefoglalását sem képes elvégezni. Természetesen a képességek kiművelése nem egy ilyen összetett és bonyolult eszköz segítségével kezdődik, de ilyen eszközök felhasználása is szükséges az egyre magasabb szintű analizáló, szintetizáló tevékenység kifejlesztése érdekében. Mint rendesen, itt is óriási jelentőséggel bír a szemléletes oktatás, amely ez esetben az eszköz szemléltetése révén valósítható meg. Ebben az esetben azonban nem szerencsés a mérésre, ellenőrzésre készített műszert szemléltetőeszközként alkalmazni. Kétségtelen, hogy az új anyag közlésének záró fejezetében való szerepeltetése dengedhetetlenül fontos. A műszer felépítésének és elvének tisztázásakor viszont sokkal nagyobb szolgálatot tesz a "mozgó ábra" vagy a nagy méretű makett.

Az analitikus és szintetikus tevékenység a kivetített "mozgó ábrán" /működés közben/ könnyen elvégezhető. Amennyiben nem új a tanulók előtt a fent leírt módszer, tehát már több esetben is kaptak új ismereteket a mozgóábrás-módszerrel, a tényleges mérőeszköz megjelenik képzetükben. Az osztály képes arra, hogy minimális eltéréssel lerajzolja a valódi műszert. A körbe adott tényleges műszer analizálása és szintetizálása már teljesen önálló munka alapján is végbemegy.

Az új ismeret elsajátítása ily módon a szemlélettől a gondolkodáson keresztül a gyakorlatig halad.

Persze a szemlélet és a gondolkodás nem egymást követő jelenségek, hanem összekapcsolódva, egymást át- meg át- szőve jelennek meg. A megismerő folyamat induktív uton megy végbe, de ez nem azt jelenti, hogy csak ez az egyetlen útja.

Gyakori, hogy a műszaki ismeretek elsajátítása kezdetben

analitikus tevékenység, amely az absztrakcióhoz vezet. Ennél azonban nem állhatunk meg, hanem a konkrétumhoz kell eljutni.

A szilárdságtan méretezéseinek szükségessége, a szerkezetek elemeinek igénybevétele például analitikus vizsgálat útján tárul fel. Az elemek funkcióján kívül - műszaki szempontból - lényeges annak terhelése, tehát hogy milyen igénybevételnek van alávetve. Az analízis feltárja a méretezés tényleges szükségszerűségét, vagyis ahhoz az általánosításhoz vezet, miszerint valamennyi szerkezeti elemet méretezni kell, mert csak így képesek funkcionálni. Elvonatkoztatunk a konkrét igénybevételektől, nem azt mondjuk, hogy hajlításra vagy csavarásra kell méretezni, hanem csak annyit: szilárdságtani méretezésre van szükség minden szerkezeti elem esetében. A továbbiakban azonban amikor konkrét szerkezetről, s annak konkrét eleméről van szó, akkor a méretezést nem lehet pusztán kijelentéssel elvégezni, hanem konkrétan kell vizsgálni a működés közben fellépő igénybevételt vagy igénybevételeket, s azokra kell meghatározni az elem paramétereit konkrét számítással. Végül a méretezés pontos adatokat szolgáltat mind alakra, méretre, mind anyagjellemzőkre. Így jutunk el az analitikustól az absztrakton át a konkrétumhoz. " Az analízis és szintézis fejlődése elszakíthatatlan egymástól, mert a kettő együtt, sőt egymást átlatva fejlődik " - állapítja meg dr. Salamon Jenő a gondolkodás és cselekvés kapcsolatát leíró munkájában. /Dr. Salamon J., 1971.66.o./ A megállapítás teljesen helyénvaló, hisz ezt a mindennapi gyakorlat is bizonyítja. Az analízis megvalósítása egy műszaki feladatnál csak akkor lehet hatásos és a megoldás is csak akkor jó, ha az analízis olyan szintre emelte a tanulókat, hogy onnan folytatni tudják a feladat megoldását. Csak így képesek a tanulók szintetizálni, a gondolatsort elkezdeni és folytatni.

III. A MŰSZAKI GONDOLKODÁS PSZICHOLÓGIAI VIZSGÁLATA, KONKRÉT MŰSZAKI FELADAT MEGOLDÁSA ALAPJÁN

Minden feladat megoldásának lényege az analízis. Az analízis nem egyszerűen a feladat részeire bontása, hanem a vizsgálat tárgya tartalmának értelmezése, kiemelve az adottak valamennyi létező tartalma közül a fontosat, az éppen szükségeset. A kiemelés az analízis során jön létre, de nem véletlenszerű folyamat. A kiemelést a követelmények determinálják, vagyis az explicite és implicit adottak összevetése révén jön létre. A problémamegoldó gondolkodás folyamán rendszeren az analízis a fő láncszem, amely előreviszi a feladat megoldását; az analízis, amely a szintézis útján jön létre. Az adottak új oldalának megismerése, majd az új ismeret összevetése az adottakkal újabb elemzésre készíti. Az újabb elemzés során viszont az előbbi analízis révén nyert ismeretek mint explicit adatok fognak szerepelni. Az adottak analízise mindaddig folyik, míg a feladat számára fontos vagy fontosnak vélt tulajdonság ismertté nem válik. Rubinstein a szintézis útján végbemenő analízist a következőképpen fogalmazza meg: "A tárgy a gondolkodási folyamatban egyre újabb összefüggésekben kapcsolódik be, és ennél fogva egyre újabb minőségei jutnak kifejezésre, amelyek új fogalmakban kerülnek lerögzítésre; ily módon a tárgyból mintegy kiszivunk minden új tartalmat; a tárgy mintegy minden alkalommal más oldalát mutatja meg, egyre újabb tulajdonságai tárulnak fel." / Rubinstein; Sz.L., 1960.98.o./

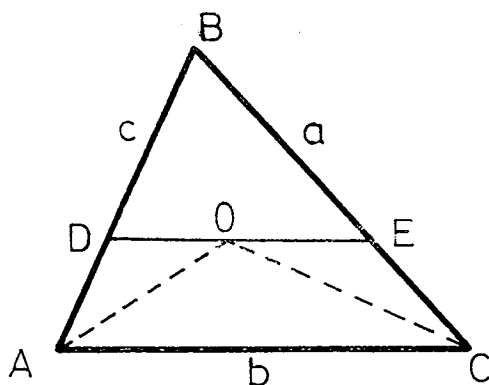
A meghatározás általában érvényes a műszaki feladatok analízisére is. A megfogalmazás talán ott pontatlan, ahol azt mondja, hogy "...a tárgyból mintegy kiszivunk minden új tartalmat." Valóban az új tartalmak kiszívása történik, de szelektálás útján. A szelektáláson pedig az értendő, hogy a feladat szempontjából lényeges, szükséges, vagy annak vélt tartalmat bányászunk ki, s nem "minden új tartalmat". Például egy soros rezgőkör vizsgálatkor a kondenzátort nem úgy elemezzük, mint a csatolóelemek

/csatolókondenzátorok/, vagy mint a hidegitő kondenzátorok szerepét az erősítőben. A rezgőkörben a kondenzátor mint ellenállás / kapacitív reaktancia / van jelen, s ha ideálisnak tételezzük fel, akkor a rajta átfolyó áram 90° -ot siet a feszültséghez képest. Egy rezgőkörös feladat megoldásakor az analízis a legritkább esetben sem terjed ki arra a tulajdonságára, amely miatt az erősítőkből, vagy esetleg a szűrőkörökben alkalmazzák. A szűrőkörökben például pufferként alkalmas. Az egyutas /vagy akár a kétutas / egyenirányító által szolgáltatott pulzáló egyenáram simitására alkalmazzák, s azt a tulajdonságát használják ki, hogy a feszültséglökés hatására feltöltődik, majd ha a feszültségforrásról lekapcsolódik /abban a periódusban, amikor a dióda nem vezet/, az R_T terhelőellenálláson keresztül kisül, mintegy helyettesíti a feszültségforrást.

Mielőtt rátérnénk az általunk választott konkrét műszaki feladat vizsgálatára, tekintsük át, hogy Rubinsztejn milyen feladaton keresztül vizsgálta a szintetikus analízis problémamegoldó gondolkodásban betöltött szerepét. A kísérlet lebonyolítását és elemzését a rubinsztejni lépések szemelőtt tartásával végeztük, mert feltételezéseink szerint a két kísérletnek hasonló eredményt kell adnia.

1. A z a n a l i z i s é s s z i n t é z i s e g y
m é r t a n i f e l a d a t m e g o l d á s á b a n

Rubinsztejn állítását mértani feladat megoldásának tapasztalataival bizonyította. A feladat a következő volt: egy általános ABC háromszög A és C szög felezői O pontban metszik egymást. A metszésponton keresztül AC alappal párhuzamos egyenest húzunk. Az egyenes az a oldalt E pontban, a c oldalt D pontban metszi. Bizonyítandó, hogy \overline{DE} szakasz egyenlő hosszúságu az \overline{AD} és \overline{CE} szakaszok összegével.



Bizonyítása: Az ADO háromszög egyenlőszáru, mert az AO alapon lévő szögek azonosak, ugyanis $\angle OAC = \angle DOA$ -gel, lévén ezek váltószögek. Így $\overline{AD} = \overline{DO}$. Ennek analógiájára $\overline{OE} = \overline{EC}$. Tehát $\overline{AD} + \overline{EC} = \overline{DO} + \overline{OE} = \overline{DE}$. /Rubinsztejn, Sz.L., id.m.98-99.o./

Rubinsztejn kísérleti személyénél az analízis a szögfelező egyenesek értelmezésével veszi kezdetét: "...kiemeli azt a tulajdonságukat, hogy a szögeket két egyenlő részre osztják!" /Id.m.99.o./ Majd az \overline{AC} és \overline{DE} helyzetét vizsgálja, mégpedig kizárólagosan szintetikus úton. Összeveti a két egyenes egymással való kapcsolatát, miszerint ezek párhuzamosak.

A kísérleti személy az \overline{AO} -t úgy tekinti, mint egyenest, amely metszi a DE , valamint az AC egyeneseket, s az \overline{AO} által meghatározott egyenest most nem mint szögfelezőt "tiszteli" hanem metsző egyenesnek tekinti, melynek az a

tulajdonsága, "...hogy párhuzamos egyenesekkel egyenlő szöget alkot". /Id.m.99.o./ Talán gyakoribb - a tanulók azon életkori sajátosságainak megfelelő értelmi szintjén, amelyben a fenti feladatot már meg tudják oldani - az az eset, amelyet középiskolai oktatási gyakorlatunk során tapasztalhatunk, miszerint a tanuló nem általánosít ilyen mértékben, hanem tapasztalásai révén egyszerűen váltószögnek nevezi a DAO és DOA szögeket. Ha rákérdeztünk, akkor bizonyítani tudták a váltószögek azonosságát, de a legritkább esetben sem tekintették \overline{AO} -t mint metsző egyenes meghatározóját - közvetlenül.

A feladat analízisének további folyamatában az \overline{AO} nem mint szög felező, nem mint metsző egyenes, hanem mint $\triangle ADO$ háromszög alapja fog szerepelni.

A kísérlet jól bizonyítja, hogy a feladat megoldása csak az alapos analízis útján jöhet létre. Az \overline{AO} -nak mindig más más "oldala" vált ismertté. Az analízis folyamán a feladat szempontjából fontos és szükséges tulajdonságok megismerése után a további analízis felesleges lenne. Pedig van még negyedik, ötödik, sőt talán többedik "oldala" is az \overline{AO} , illetve a \overline{CO} -nak. Például kétharmad része az általa meghatározott súlyvonalnak, oldalai az $\triangle AOC$ háromszögnek, stb.

A fenti példán keresztül belátható, hogy a feladat csakis az alapos szintetikus uton haladó analízis révén oldható meg, mely alapja a gondolkodási folyamatnak. A gondolkodást pedig át- meg átszövik a korábban szerzett ismeretek alkalmazásai.

2. A m ű s z a k i f e l a d a t o k m e g o l d á - s a i n a k s a j á t o s s á g a i , a k i s é r - l e t f e l a d a t a

A műszaki feladatok megoldásának alapja szintén az analízis, szintézis, általánosítás, elvonás.

Az analízis kezdetben kiterjed a feladat egészére, problémahelyzet egésze válik elemzés tárgyává, majd az ezáltal nyert ismeretek alapján, azok felhasználásával a feladat megoldásának feltétele a konstruktív műszaki szemlélet. A konstruktív műszaki szemlélet pedig azt jelenti, hogy a tanuló a műszaki jelenségekben, szerkezetekben, berendezésekben, feladatokban ne csak az egyedit, a specifikusat, hanem az univerzálisat is képes legyen meglátni, amely jellemzők rokonságba hozzák más jelenségekkel, szerkezetekkel, berendezésekkel, feladatokkal.

A konstruktív műszaki szemlélet és a műszaki gondolkodás egymástól el nem választható fogalmak. A műszaki szemlélet és a műszaki gondolkodás koincidenciája biztosíthatja csak a magasabb rendű megismerési aktusokat. A helyes műszaki gondolkodás tehát az adekvát műszaki szemlélet által meghatározott, vagyis szemléletes!

A műszaki szemlélet kialakulása az egyén, valamint a közvetlen és közvetett környezet által meghatározott folyamat. Ugyanugy, mint a gondolkodást általában, a szemlélet kialakítását is tekinthetjük a külső objektív tényezőknek, a belső, szubjektív tényezőkön mint prizmán való "áthatásának".

A szemléletes gondolkodás úgy alakítható ki leginkább, hogy a tárgy segítségével juttatjuk el a tanulóhoz annak ismertető jegyeit, sajátosságait. A szóban objektíválódott ismeretrendszer, aminek tartalma közvetlenül látás útján nehezen, vagy egyáltalán nem juttatható el, más érzékszervek igénybevételével lehet eljuttatni, igen hatékonyan.

Ez az ismeretrendszer nem passzív ismeretanyag lesz, hanem olyan katalizátorként fogható fel, mint ami a gon-

dolkodást segíti elő.

Példaként vizsgáljunk meg egy olyan esetet, amikor az elektronikus áramköri elem önmagában nem alkalmas lényegi funkciójának szemléltetésére.

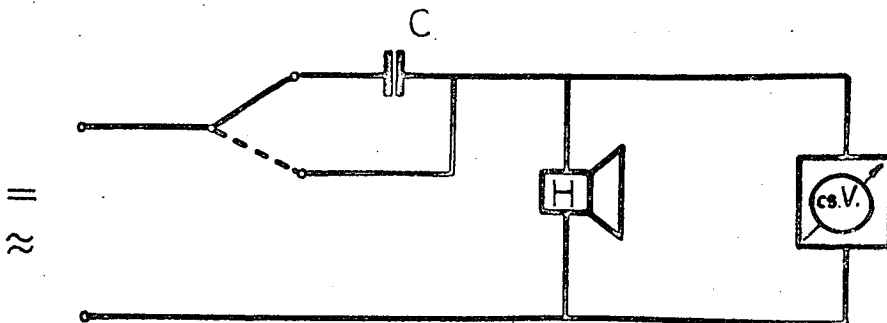
A kondenzátort, mint valóságos tárgyat az elektronikus alkatrész bemutatásával ismertetjük meg, szétszedett állapotban, vagy metszetben. A kondenzátornak azt a tulajdonságát, mely szerint váltóáramu rövidzárként viselkedik az elektronikus erősítőkből, a kondenzátornak mint forgalmi elemnek azt a sajátosságát, amely közvetlenül, az adott alkatrész vizuális elemzés útján, "megpiszkálása" révén nem fogható fel, csak a tárgy felhasználásával kialakított szemléltetőeszköz segítségével közölhetjük.

Elfogadják a tanulók az elvi magyarázatot is / $X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$

képletben ω körfrekvencia növelése a kapacitív reaktancia csökkenéséhez vezet, tehát ellenállása kis érték felé tart/, de csak akkor fogják elsajátítani, a szó igazi értelmében, a kondenzátor eme sajátosságát, ha valamilyen módon meg is győződnek erről.

Erre alkalmas az alábbi audióvizuális szemléltetőeszköz.

Segítségével, közvetlen érzékelés útján ismerik meg a kondenzátornak azt a tulajdonságát, hogy növekvő körfrekvencián a reaktancia értéke csökken, tehát rövidzárként viselkedik.



A fentiekben az elméleti cselekvéstől haladunk a gyakorlati cselekvés felé /deduktív módszer/. A kondenzátor vizsgálatánál - az életkori sajátosságokat figyelembe véve - ez az út is járható ! Gyakori viszont a gyakorlati cselekvéstől az elméleti felé haladás módszerének alkalmazása. A gyakorlati cselekvéstől a hathatós elemzés útján juthat el az egyén az elméleti cselekvéshez. Az elemzés megfelelő szintje az általánosításhoz juttat, így a gyakorlati cselekvés számára megoldható feladat elméletileg is megoldhatóvá válik.

Rubinsztejn I.M., Zsukova kísérleteit elemezve arra a következtetésre jut - alapos indoklást adva -, hogy az intellektuális feladatmegoldás a kezdeti szakaszban könnyebb, "ha érzékelhető konkrétummal van dolgunk, különösen akkor, amikor ebből az érzékelhető konkrétumból ki vannak küszöbölve / ki vannak egyenlítve/ azok a tulajdonságok, amelyekből a feladat jellegénél fogva el kell vonatoztatni." /Rubinsztejn, Sz.L., id.m. 61.o./
Zsukova kísérleteit 3 - 6 éves gyerekekkel folytatta, s az életkori sajátosságokat figyelembe véve állapította meg Rubinsztejn a fentieket.

Tapasztalataink szerint a megállapítás lényegileg érvényes a középiskolás korú tanulók feladatmegoldására is, de talán minden fejlettségi szinten általában.

A szemléletes műszaki gondolkodás az érzékelhető konkrétumon alapul, lényegileg az a kiindulópont, amely az intellektuális megoldáshoz vezet. Helytelen lenne viszont a szemléletes gondolkodást mint az érzékelt konkrétum termékét, és az intellektuális cselekvést egymástól különválasztani, mert egymást át- meg átszöve jelentkezik. Egymásra hatással vannak, minőségileg formálják egymást, determinisztikus kapcsolat van közöttük.

A szemléletes gondolkodás kialakításában jelentős szerepe

van a szemléltetésnek. A helyes szemléltetés biztosítja a lényegtelen dolgok mellőzését, s csak a lényeges - a tárgy szempontjából lényeges - tények vannak kiemelve, "erős ingereket" keltőkké alakítva. Így biztosítható tudatosan az elvonás, aminek hatása akkor tapasztalható, amikor a későbbiek során az egyén önmaga alakítja át szemléletes formába a tárgy sajátosságait, kiemeli a lényegét, s most már mint érzéki konkrétumot használja. Természetesen ez a folyamat sem csupán érzéki, mindenkor jelen van a gondolkodás alapja, az analízis és szintézis, amelyeket a folyamat minőségileg változtat, alakít. Az érzéki elemzés segíti elő a megismerési folyamatot. A legjobb szemléltetés is tartalmaz lényegtelen, a tárgy szempontjából felesleges jegyeket. Ezek kiszűrése az analízis útján valósul meg. Az analízis absztrakcióba megy át. Amikor az analízis folyamán a lényegtelen, járulékos elemek kiszűrődnek, s kikristályosodik a jelenség lényege, a tulajdonképpeni természete, létrejön a lényegtelenről való elvonatkoztatás; absztrakcióról, az analízis útján kialakult absztrakcióról beszélünk.

" A primér érzéki analízisben / vizuális stb. analízisben/ az analízis először annak alapján megy végbe, hogy a bennünket körülvevő valóság percepciójában az 'erős' tulajdonságok lépnek előtérbe, emelkednek ki." /Bogojavlenszkij, D.N. - Mencsinszkaja, N.A., 1965. 113. o./ Ezen ingerek által létrehozott ingerület - a negatív indukció törvényénél fogva - gátolja más ingerek hatását.

Ezek alapján meghatározhatjuk a szemléltetés feladatát. A szemléltetés az ismeretközlés azon eszköze, amellyel az elvonatkoztatást úgy valósítjuk meg, hogy a szemléltetés tárgyának / nemcsak a szó szoros értelmében vett tárgyról van szó ! / olyan megjelenési formát kölcsönzünk, amely az ismeret szempontjából lényeges jegyeket,

mint "erős" ingereket viseli magán.

Az absztrakcióról meg kell még említeni, hogy az nemcsak valamitől való elvonatkoztatás, hanem valaminek, dolgoktól való elvonatkoztatása. Tehát kiemelünk egy sajátosságot, s azt vonatkoztatjuk el más sajátságoktól.

Visszatérve a kísérleteink elemzéséhez, összegezzük, hogy mit is kívánunk megmutatni e kísérletsorozat során?

- a./ Feltételezéseink szerint a szemléletes műszaki gondolkodás a szintetikus analízis helyes menete mellett, pontosabban: azzal együtt, kölcsönhatásban, a feladatmegoldás menetét, eredményességét befolyásolja, meghatározza.
- b./ Bizonyítani kívánjuk, hogy a szemléltetés révén kialakított műszaki gondolkodás a feladat megoldásának szükséges feltétele.
- c./ A csoporttal végzett kísérleteinkkel azt kívánjuk bizonyítani, hogy a szemléletes oktatás nemcsak az ismeretek könnyebb, hatékonyabb elsajátításában fejti ki hatását - ezt számtalan kutatás bizonyította már -, hanem az ismeretek gyakorlati alkalmazását követelő feladatok hathatósabb megoldásában is óriási szerepet játszik.
- d./ A műszaki gondolkodásban a képi és a nyelvi gondolkodás megbonthatatlan egységben van jelen. Gyakorlati tapasztalatok bizonyítják, hogy a műszaki tantárgyakat tanuló egyéneknek nemcsak arra van szükségük, hogy a megértendő anyag alapjául szolgáló absztrakciókhoz biztos érzékkel nyuljanak hozzá, hanem arra is, hogy a műszaki ismeretek tárgyainak megtestesítésére vizuális

képek bőséges készletével rendelkezzenek. Ha műszaki törvényeket "példamentes" absztrakciókkal igyekszünk elsajátíttatni, akkor is tapasztalható, hogy a korábban szerzett belső szemléleti képek nem rekeszthetők ki a folyamatból. Ez határozottan szerencsésnek mondható, hisz szinte kivétel nélkül nagy hasznát vették a belső szemléleti képek által nyújtott többletnek a tanulók.

A pentóda árameloszlási tényezője fogalmának elsajátításakor önkéntelenül kibuggyan tanulóinkból Kirchhoff csomóponti törvénye. A Kirchhoff törvény interiorizálódott fokon van jelen, belső szemléleti képként szerepel. Az elektromos alaptétel interiorizációját instrumentális tevékenység lendítette előre. A tanuló mérte a főág áramát és a mellékágban folyó áramot is; "szemmel láthatóan" bizonyította a tételt. Ezek a műveletek átrajzolódnak és összegződnek az egyes képzetekben. Majd a szimbolikus jelölések segítségével, a dolgok elvont sajátosságainak felfogásához jut el a tanuló. Ezzel látszólag elszakad a dolgok látszatra alapított felfogásától, de a későbbiek folyamán mégis támaszkodik azon belső szemléleti képek gyűjteményére, amelyet az elvont gondolkodás készségéhez vezető uton elsajátított. S, mint ahogy Bruner mondja: "A belső szemléleti képeknek ez a készlete teszi lehetővé a gyermek számára, hogy a heurisztika fokán okoskodjék, hogy a feladatokkal való próbálkozás során alkalmas és nem szigorú eljárásokat alkalmazzon, ezeket már megoldott problémákra vonatkoztassa." /Bruner, J.S., 1968.31.o./

A belső szemléleti képek kialakulása nem minden esetben "személyes instrumentális" tevékenység

következménye. A cselekvések látása, hallása, a folyamatok lezajlásának szemlélése, vagyis a tények, dolgok szemléltetése alapvetően meghatározza a belső szemléleti képek létrejöttét.

Összegezve: A műszaki feladatok megoldásának, a műszaki gondolkodásnak szükséges feltétele a belső szemléleti képek gazdag tárháza, amely az adekvát szemléltetéssel gyarapítható igazán, mind az oktatás, mind a gyakorlati élet folyamán.

A kísérleti feladat megoldásainak elemzésén keresztül megkíséreljük a gyakorlatban is bizonyítani a fentieket.

- e./ Vizsgálni kívánjuk továbbá - e kísérlet folyamán - az analízis révén létrejövő absztrakció szerepét, a műszaki gondolkodás menetében.

Vizsgálatunk alapjául pedig azért választottuk a kísérletező módszert, mert a műszaki gondolkodás sajátosságai, az effajta konkrét feladatok megoldása során követhetők leginkább. A gondolkodás funkcionális összefüggéseibe úgy tudunk leginkább behatolni, ha a tevékenységet elemezzük, mégpedig olyan anyagon, amelyet sajátosan erre a célra választottunk ki, illetve konstruáltunk.

Felvetődik a kérdés, hogy nem lenne-e célszerű a kísérletet két külön csoporttal elvégezni.

Az egyik csoport a kísérlet anyagául szolgáló ismereteket minimális szemléltetéssel, a másik csoport pedig az optimális szemléltetéssel sajátította volna el, s ilyen formában vizsgálnánk a fentieket.

Ez azért nem lenne szerencsés, mert a szemléletes műszaki gondolkodás nem egycsapásra, s nem egyet-

len ismeretanyaggal alakítható ki. Elsajátítása hosszú folyamat, amely már az általános iskola évei idején elkezdődik. Egy-egy anyagrész segítségével csak a töredékek jutnak el a tanulókhoz. Így kísérleteinket egy tíz fős csoporttal végeztük el. A kísérlet ismeretanyagának tanításakor az optimális szemléltetésre törekedtünk. A tanulók - tanári irányítással - a tananyaggal kapcsolatos kísérleteket is végeztek. A szemléltetés részeként tanulói kísérletek is szerepeltek a kényszeres feladatok témaköréből. Az addig főként elméletileg bizonyított tények /egyensúly beállása, nyomatékok függése a kartól és erőtől, a szöveget bezáró erők szög-egyensúly relációja, stb./ valóságformát nyertek. Az ismeretek több csatornán jutottak el a tanulókhoz. A vizuális úton nyert ismeretek megerősítették az addigi ismereteket.

Érdekes módon az elméletileg bizonyított tényeket - annak ellenére, hogy hasonló elven működő rendszereket az élet is produkál, amelyekkel minden valószínűség szerint találkoztak már - gyakorlati tényekkel bizonyítva, csaknem ujnak találták, pontosabban az új varázssával hatónak láthattuk.

3. A kísérleti feladat és megoldása

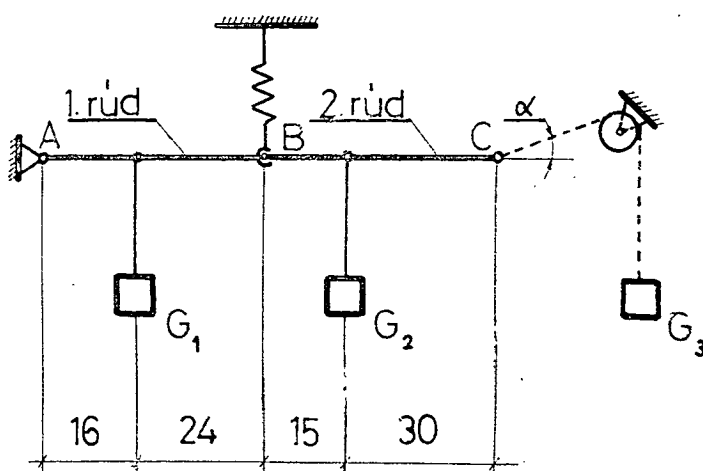
A kísérleti személyek második osztályos finommechanikai és műszeripari szakközépiskolai tanulók voltak. A feladatot az un. alapozó műszaki tantárgyak témaköréből merítettük.

A szükséges ismereteket a Finommechanikai és műszeripari elemek c. tantárgy második osztályos anyagának tanulása során sajátíthatták el a tanulók.

A kísérleti személyek kiválogatásánál semmilyen különleges szempontot nem vettünk figyelembe. Tanulmányi eredményük közepes vagy annál jobb volt. Nem az volt a célunk, hogy kiemelkedő képességű tanulók hibátlanul oldják meg a feladatot, hanem a megoldás közbeni mozzanatok akartuk rögzíteni és elemezni.

A feladatot a kísérleti személyek a következő megfogalmazásban kapták:

Határozd meg az alábbi szerkezet egyensúlyának feltételeit!



Adatok:

$$G_1 = 50 \text{ p}$$

$$G_2 = 30 \text{ p}$$

$$G_3 = 120 \text{ p}$$

$$c_r = 30 \text{ p/mm}$$

A rudak súlya elhanyagolható!

A feladatban ujszerű volt a B pontban található elmozduló csukló. A kísérleti személyek ilyen csuklós szerkezetű feladatokat még nem oldottak meg, csak egy rudból álló szerkezeteket.

A feladatot konkrét számszerű adatokkal láttuk el, mert a kísérleti személyek csak a legritkább esetben oldottak meg eddigi tanulmányaik során paraméteres műszaki feladatokat. Ezzel az adatmegadási szisztémával próbáltuk kiküszöbölni a feladat kimondottan elméleti jellegét.

A feladat megoldása a következő:

- a./ Észre kell venni, hogy az 1-es és 2-es rud egyensúlyát csak külön-külön vizsgálva tudjuk a feladatot megoldani, hiszen ha a szokásos módon az A pontra írjuk fel az egyensúly egyik feltételét kielégítő $\sum M = 0$. egyenletet, akkor az két ismeretlent F_r ; G_3 / is tartalmaz.

$$\text{Tehát: } M_A = G_1 \cdot 16 - F'_r \cdot 40 = 0 \Rightarrow \underline{F'_r = 20 \text{ p}}$$

- b./ Be kell látni, hogy az F'_r erő csak az 1-es kart tartja egyensúlyban és a 2-es kar B pontja is "igényel" egy felfelé ható rugóerőt F''_r /

$$M_C = - F''_r \cdot 45 + G_2 \cdot 30 = 0 \Rightarrow \underline{F''_r = 20 \text{ p}}$$

- c./ Az egész rendszert egyensúlyban tartó rugóerő F_r / a két erő összege:

$$\underline{F_r = F'_r + F''_r = 40 \text{ p}}$$

- d./ Most már vagy a $\sum M = 0$, vagy az $\sum F = 0$ feltétel aktualizálásával meghatározható az F_{Ay} és a G_{3y} , valamint a G_{3x} és F_{Ax} értéke is.

A 2-es rudra:

$$F = F_r - G_2 + G_{3y} = 0 \Rightarrow \underline{G_{3y} = 10 \text{ p}}$$

vagy

$$M_B = G_2 \cdot 15 - G_{3y} \cdot 45 = 0 \Rightarrow \underline{G_{3y} = 10 \text{ p}}$$

Az 1-es rudra:

$$F = F_{Ay} - G_1 + F_r = 0 \Rightarrow \underline{F_{Ay} = 30 \text{ p}}$$

vagy

$$M_B = G_1 \cdot 24 - F_{Ay} \cdot 40 = 0 \Rightarrow \underline{F_{Ay} = 30 \text{ p}}$$

e./ G_{3y} és G_3 erőkből:

$$\sin \alpha = \frac{10}{120} = 0,0833 \Rightarrow \underline{\alpha = 4,8^\circ}$$

$$\underline{G_{3x}} = 120 \cdot \cos 4,8^\circ = \underline{119,5 \text{ p}}$$

$$\underline{G_{3x}} = F_{Ax} = \underline{119,5 \text{ p}}$$

f./ Az F_{Ax} és F_{Ay} -ből:

$$\underline{\underline{F_A = \sqrt{F_{Ax}^2 + F_{Ay}^2} = 126,5 \text{ p.}}}$$

g./ Az F_A és F_{Ax} erők segítségével az F_A erő és a rudak által meghatározott egyenessel bezárt α' szög számítható:

$$\cos \alpha' = \frac{F_{Ax}}{F_A} \Rightarrow \underline{\underline{\alpha' = 19,2^\circ}}$$

/ A számított értékek logarléc pontosságúak! /

A feladat megoldásának nem ez az egyetlen utja.
Ezt a tanulók is észrevették.

4. A kísérleti személyek feladata - megoldásai

a./ Sikertelen megoldások

A tíz kísérleti személy közül nyolc segítség nélkül, önállóan vagy csak kevés segítséget igénybe véve oldotta meg a feladatot, két tanuló pedig nem adott helyes megoldást. Az utóbbi két tanuló nem vette észre a rugó kettős feladatát /tartja az 1-es rudat 20 pondos erővel, s ugyanilyen nagyságu erővel a 2-es rud egyensúlyát biztosítja/.

A sikertelenül szereplők a feladat feltételeit és követelményeit sem elemezték helyesen. Le. J. például már a feladat elolvasása után a szálban ébredő G_3 -as erőt akarja felbontani komponenseire, nem veszi észre, hogy az α nincs megadva. "Ennek a szálnak és a rudnak az egymáshoz való szögét megadták." Tipikus esete a mechanikus gondolkodásnak az erő felbontására irányuló tevékenysége. Valamennyi feladatnál, ahol az erő szögét zár be a ruddal, a feladat megoldása folyamán szükséges a komponensekre bontás. A kísérleti személy emlékezetében ez maradt meg, s kitér a feladat részletes analizise elől. Azt ugyan "ránézésből" mondja: "Ezen a rajzon egy kényszert látunk." / A megfogalmazás nem pontos, de a rajz elemzése közben kiderül, hogy a feladat jellegére gondolt, amikor a fentieket kijelentette./

A rajzot végig elemzi az olvasáskor rögződött irány szerint. "Az A pontban van egy csukló." S máris definiálja a csuklót mint kényszert: "A csukló a kényszerek egyik fajtája, olyan kényszer, ahol reakcióerő ébred." Aktualizálja ismereteit, mégpedig

ugy, hogy az analízis által megismert konkrét csuklót kiemeli, s annak lényeges jegyét állapítja meg, amely valamennyi csuklóra érvényes. Itt tehát a csukló mint szerkezeti elem fogalma a primér érzéki analízisen át a gondolati analízis felé halad. Az analízis pedig az általánosítás, absztrakció útján a szintézisbe torkollik.

A tárgy megismerésének folyamata ilyen formán zajlik le, ha nem is válik minden esetben ennyire elemezhetővé. A továbbiakban a feladat egészét analizálja. "Azonkívül a rud két G sullyal, G_1 , G_2 erővel van terhelve, amellyel egyensúlyt a rugóerő tart, valamint G_3 erő, amely szintén egy kényszerrel van a rendszerben, mégpedig egy szállal. "

A szintetikus analízis arra enged következtetni, hogy a feladat megoldását helyesen látja a kísérleti személy, hisz észreveszi, hogy a rugóerő, valamint a G_3 erő tart egyensúlyt a G_1 , G_2 súlyerővel. /Nem veszi észre ugyan az A hatását, de a feladat megoldásában ezt valamennyien "rögzített" pontnak tekintették, s csak mint járulékos erőt határozták meg. A rögzített csukló mintegy azt sugallja, hogy az ott ébredő erő csak "másodlagos."

A feladat megoldásának további menetéből viszont kiderül, hogy az analitikus szintetizáció csak felszínes volt, s nem tudatosította pontosan a rugó feladatát /ti. hogy tartja az 1-es és 2-es rudat is./. Amennyiben az analízis pontosabb, megtalálhatta volna a megoldás kulcsát, miszerint a két rud külön-külön is egyensúlyban van, tehát nem fontos az A pontra úgy felírni a nyomatéki egyenletet, mintha csak egy merev rud alkotná a szerkezet gerincét.

Az egyes erők hatásának pontos ismerete nélkül nem képes tovább haladni a megoldásban, s mindenáron az F_r és G_{3y} -t akarja meghatározni, de nem külön-külön, mint ahogy az lehetséges. Így az A pontra felírt nyomatéki egyenletnél megreked. Az egyensúly fogalma nem interiorizálódott, tehát a különválasztás lehetőségét kikerüli.

A helyes analízis hiányát az sem pótolta, hogy a kísérletvezető rámutatott a rendszer felbonthatóságára: " A rendszerben két rud található, ahol az elmozduló csuklóra a rugóerő hat. Mi is a rugó feladata ebben a rendszerben? " A rugó feladatát ismét helyesen fogalmazta meg a kísérleti személy, vagyis pontosnak tűnik az analízis. " A rugóra a G_1 és G_2 hat, illetve azok nyomatéka." A szintézis viszont hibás, mert az 1-es rudat külön véve, annak A pontjára felírt nyomatéki egyenletéből meghatározott $F_r = 20$ pondos erőt az egész rendszer egyensúlyát biztosító rugóerőnek tekinti. Az analízis csak látszólag pontos, mert belőle a szintetikus aktus nem jött létre. Nem tudatosult a nyelvi megfogalmazás. Ez pedig azt jelenti, hogy a feladat helyes megoldása elmaradt. Megállapításaiban tehát a mentális struktúra csak nyomokban volt tapasztalható, inkább az affektív jegyek domborodtak ki.

A helyes analízis nem jött létre a feladat megoldásának kezdeti fázisában sem. A feladat szövege szerint az első lépésben az egyensúly feltételeit / az adott rendszerben / szükséges meghatározni. Az egyensúlyt biztosító feltételek a megfelelő szög, a megfelelő F_r rugóerő és a megfelelő A ponton átmenő F_A erő.

A sikertelen megoldásokra jellemző volt, hogy az ésszerű tervezés helyett a tanulóknál az empirikus megoldások domináltak; a feltételek és a követelmények egységéből csak egyes elemeket ragadtak ki, legfeljebb egy-egy részfeladat megoldását végezték el eredményesen.

A feladat követelményeit a tíz kísérleti személy közül csak egy határozta meg egzakt módon, mindjárt az első fázisban. A szintetikus analizáló készség fejlettségi fokának ez is jellemzője. Az előbb említett kísérleti személy - Cs.Z. - ugyanis belátta azt, hogy elsőként a követelményeket kell tisztázni, s azután a feltételeket összevetve a követelményekkel, megoldást nyer a feladat. A megoldásnak nem feltétlen szükségszerűsége a követelmények azonnali tisztázása az első fázisban, de mint a tapasztalatok mutatják, a legoptimálisabb megoldást az a kísérleti személy adta, akinél az egész feladat általános analízise a legpontosabb volt. A többi, helyes megoldást végző tanuló is meghatározta az egyensúly feltételét biztosító tényezőket, de a munkafolyamat közben.

b./ Jó megoldás, kis segítséggel

K.Gy. a feladat elolvasása után kijelenti: " Ez egy egytámaszu tartó, amelynek az egyik oldalát egy sullyal, G_3 sullyal húzzuk, van még egy ellenerő, a rugó, és még két erő, aki különböző karon hat az A pontra. E körül fog elmozdulni a tartó." Látszólag szétszórt az analitikus tevékenység, de a rövid gondolkodást követő töredék mondatokból következtetni lehet a helyes aktusokra. "Ennek a G_2 -nek

és ennek a G_3 -nak / mutatja a súlyerőket a rajzon/ egyenlőnek kell lenni... egyensúlyban kell hogy tartsa a rendszert... az \propto -t kell meghatározni..." Itt tulajdonképpen már fogalmi analízis játszódik le, szintézis útján.

Majd rövid gondolkodás után kijelenti: " Első részben talán a rudnak az első részének / az 1-es rudra mutat / egyensúlyát határozhatom meg." A helyes analitikus aktus, ha nem is rajzolódott ki a nyelvi kifejezésben, mégis jó eredményhez vezetett. /Ezt tapasztalhattuk más kísérleti személyeknél is. A nyelvi kifejezés ritkán volt szabatos agzakt. Töredékmondatok, téves megfogalmazások - legtöbbször helyes gondolati tartalommal - hangzottak el. Az egyik kísérleti személy ki is jelentette: " Nem szoktam én hangosan feladatot megoldani." A tapasztaltak természetes tulajdonságok, jelenségek, hisz a tanulók nem a feladatmegoldás magyarázatait szokták adni, hanem a megoldásokra koncentrálnak minden figyelmükkel. Gondolkodásukban az elvont és a szemléletes jegyek együtt vannak jelen, a nyelvi megnyilvánulások háttérbe szorulnak./

K.Gy., miután két részre bontotta a feladatot, helyesen határozza meg az F_T rugóerőt, majd ebből a rugó megnyúlását. A meghatározott adatot összeveti a feladat követelményeivel: "...213 mm, tehát annyira fog megnyulni, hogy egyensúlyban tartsa ezt a rendszert." /Az 1-es rudból, A csuklóból, G_1 -es súlyerőből és rugóból álló részt karikázza be a tollával!/. Itt nem pontosítja a rugó kettős funkcióját, de a következő lépése bizonyíték arra, hogy helyesen látja a problémát. " Most a másik kar, hogy egyensúlyban legyen..." Tehát külön kívánja elemezni a 2-es számú rudat: "...egyszer hat rá a G_3 erő..."

amely nem teljes erővel hat rá... fel kell bontani... ez $/G_{3y}$ erőt rajzol a levegőbe, a C pontból kiindulva / kevesebb lesz, ez a felfelé ható erő, mint a G_3 ..., a másik, ...hat rá egy G_1 erő / a G_2 -es erőre mutat/, amit kompenzálni kell, és a harmadik erő a rugóerő, még amit kifejt erre a pontra / a B pontra mutat/." Lényegileg elemezve az erők hatásait a rudra. Itt főként az analízis mutatkozott meg, s az általa nyert ismeretek vonatkoztatását a rendszerre, egyetlen tömör kijelentésben mondja ki: " Mivelhogy ez egyensúlyban van / a 2-es rudra mutat/, tehát a G_3 -nak és G_2 nyomatékának egyenlőnek kell lennie." A nyelvi kifejezés ismételten pontatlan. A két nyomatéknek valóban egyenlő nagyságúnak kell lennie, de ellentétes értelműnek. Elsőként tehát a 2-es esetben az erők hatását vizsgálta, merre mozdítaná, milyen nagyságú a rudat felfelé húzó G_{3y} erő, stb.

Az erők valódi hatásának elemzése csakis a szemléletes gondolkodás következménye lehet. A kísérleti személy maga elé képzei a rendszert, s gondolatban az erők mozgató hatását értékeli. Hogy ez ténylegesen így folyik le, arra bizonyíték a rudnak a "megfogása", s az ábrázolt erőt, valamint annak mozgató hatását kezével, annak az erő értelmében történő elmozdításával demonstrálja. A rendszeres rajzos szemléltetését a síkból átviszi a térbe, az elmozdithatatlan rajzot "kiemeli" mozgatlanságából, s ilyenén elemzésével jut újabb következtetésre. Az analitikus tevékenységet tehát úgy könnyíti meg, hogy maga teszi szemléletesebbé önmagának a rendszert, amely ezáltal nagymértékben elősegíti az analízis folyamatát. Ez a tény valamennyi ilyen jellegű műszaki feladat megoldására érvényes.

K.Gy. analitikus aktusát szintetikus folyamat követte, amely csak ilyen sorrendben jöhetett létre. Természetesen a folyamat kategorikusan nem választható ketté, hisz a szintetikus aktus adatai nemcsak úgy rögződnek, mint tisztán elemzett tények eredményei, hanem mint okságot meghatározó tényező, amely összetevője lesz egy másik függőségi viszonynak. Nyelvi megjelenésében még különválasztható látszólag, lényegileg viszont nem. A gondolkodás lényegileg tehát abban áll, hogy az analitikus tevékenység által létrehozott szintetikus egység mintegy újabb feltételei a gondolkodás tárgyának, s amikor valamennyi követelmény "átalakul" feltétellé a fenti folyamat szerint, akkor a feladat többé nem feladat, hanem pusztán tény, amelyben valamennyi, a feladat szempontjából lényeges adat explicit alakban létezik.

Visszatérve K.Gy. feladatmegoldásához, a 2-es karra felírt nyomatéki egyenletből meghatározza G_{3y} erő és az α szög értékét / $G_{3y} = 10 \text{ p}$; $\alpha = 4^{\circ}46' /$. " Az α -nak $4^{\circ}46'$ -nek kell lennie, s akkor van a második, tehát a B-től C-ig terjedő kar is egyensúlyban." Ezzel a feladatot megoldottnak tekinti a kísérleti személy, annak ellenére, hogy a 2-es kar vizsgálatakor kikötötte, hogy arra hat " a harmadik erő, a rugóerő, még amit kifejt erre a /B pont/ pontra." Az itteni analitikus tevékenység helyes volt, de a számítások befejeztével megfigyelkedezik a rugóerőről. Igaz, a továbbhaladáshoz elegendő volt felhívni a kísérleti személy figyelmét az ellenőrzésre /" Légy szives, ellenőrizd a feladat megoldását!"/, s máris rájött a hiányosságra. Az ellenőrzést pedig újbóli analitikus tevékenységgel kezdi: " Az első rész akkor marad egyensúlyban, pontosabban a G_1 hatását a rugó 2/3 mm-es megnyulása egyenliti ki, valamint az A pontban ható

erő. A második részben a G_{3y} erre forgat / az óra járásával ellentétes értelmű/, a G_2 erre, / szintén mutatja a helyes irányt/...ja, és még kell egy másik rugóerő is... mert ha ezt az α -t számítjuk ki, akkor ez a pont / B pont / itt lefordulna, tehát a rugóerőhöz még hozzá kell adni egy rugóerőt... Számolni kell még egy rugóerőt, s akkor három erő van lényegében a rudon" / a 2-es rudon/. Ezután meghatározta az általa F_{r1} -gyel jelölt rugóerőt / $F_{r1} = 20$ p/, majd az A pontban ébredő erőt is helyesen határozta meg. A "második" rugóerő létezésének észrevétele az analízisnek köszönhető. Az erők hatását vizsgálta, s az erők forgató hatása ebben a szakaszban nem mint $M = F \cdot k$ képlet alakjában létezik, hanem "érzi" a forgatóhatás és a rud egyensúlyának relációját. A feladat elemzése révén az általános ismereteit konkretizálta az adott problémára, s addig folytatta az analitikus-szintetikus tevékenységet, míg a feladatban szereplő szerkezet egyensúlyát meg nem határozta. Ekkor lett "stabil" az ő "helyzete" is, a siker-élmény mellett olyasmi is "olvasható" volt az arcokról, hogy a rendszer most már "biztonságban" van; mintha a tanuló számításaitól függött volna a rendszer léte. Vagyis lényeges a megfogalmazás; a feladat szövegezése akkor helyes, ha az "izgalomba" hozza a tanulót. A megfogalmazás olyan belső feszültséget teremt, amely fokozottan inspirál a megoldásra.

K.Gy.-nél észlelhető jelenségekhez hasonlókat tapasztaltunk a többi kísérleti személynél is, amiből azt a következtetést vonhatjuk le, hogy az ilyen jellegű műszaki feladatok helyes megoldásának feltétele a szemléletes, szintézis útján végbemenő analitikus folyamat. A szemléletes analízis pedig

kiterjed az egy konkrét objektum több oldalú megvilágítására épp úgy, mint egy komplex rendszer egyes objektumainak analitikus folyamatára, a rendszer egészének aspektusából. A fenti kísérleti feladatban mindkét tényező szerepelt.

Mielőtt más kísérleti személyek munkáját vizsgálnánk, szólni kell a feladattal kapcsolatos szemléltetésről is, hisz ennek hatása is érződött, s nagy mértékben befolyásolta a megoldásokat.

A csoport tagjai a statikának ezt a fejezetét is szemléltetés /konkrét rendszerek demonstrációja/ segítségével sajátíthatták el. A tanulói kísérletek, a kísérleti feladatokhoz hasonló rendszerekkel foglalkoztak. A kísérletező tanulók maguk állították össze a karos rendszereket, s számításokkal bizonyították a mérések helyességét. Néha módjuk nyílott a "játékos kísérletekre", amikor is a rendelkezésre álló eszközökből olyan rendszert építettek, amelyenhez kedvük volt. Nagy meglepetést okozott számunkra, amikor az egyik kísérleti személy szinte "egy az egyben" a kísérleti feladat rendszerét építette össze, társa bevonásával.

c./ Optimális megoldás

K.K. kísérleti személy is a szokásos módon kezd a feladat megoldásához; összeveti a feltételeket a követelményekkel, s felismeri az egyensúlyt biztosító feltételeket: "Meg kell határozni a rugóerőt és az α szöget." Majd az 1-es kar egyensúlyát biztosító rugóerő meghatározására tér át. Nem mondja ki, hogy ha az egész rendszer egyensúlyban van, akkor az 1-es kar is, de hogy így gondolja, azt bizonyítja az egész feladat megoldásának helyessége. Az egyensúly fogalma interiori-

zálódott szinten van a tanulónál. Kettéválasztja tehát a rendszert, de a rugó kettős feladatát még itt nem látja; nem is láthatja, mert azonnal az 1-es kart vizsgálja, mint önmagában is egyensúlyban lévő rendszert. Lényegileg már itt megtörtént a feladat egészének helyes analízise. Vizsgálja az 1-es kart, s így a részletanalízis következik: "Először is kiszámolnám ezt..., ez itt..., erre a csuklóra /A pont/ felírnám a nyomatékot, s kiszámolnám azt, hogy ennek a rugónak milyen erővel kell hatni, hogy ez a rud /1-es/ egyensúlyban legyen. Aztán amikor ezt felírtam, ebből ki tudnám számolni a rugóerőt..."

Ezután áttér a 2-es kar elemzésére, de ez nem alapos, így a rugó egyensúlyozó hatása erre a karra kimarad. "Aztán amikor kiszámoltam a rugóerőt, akkor ez a rud itt /1-es/ egyensúlyban van, tehát úgy foghatom fel..., ez a pont /B/ úgy fogható fel, mint egy csukló, akkor erre a pontra /B/ írnám fel a nyomatékot, tehát felírnám a G_2 -es sulynak a forgatónyomatékát... ebből megtudnánk, hogy a C pontban milyen függőleges irányú erő hat, hisz ismerjük a kötélirányú erőt." Azt mondhatjuk tehát, hogy a 2-es kart csak felületesen elemzi.

Majd úgy folytatja a feladatot, hogy visszatér az 1-es karhoz. Felírja az 1-es kar A pontjára a nyomatéki egyenletet, amely egyenlet a szemléletes gondolkodás jegyeit viseli magán. Nem az általános "elméleti" alapegyenletbe helyettesít be, vagyis nem a $\sum M = 0$ formulát alkalmazza, hanem a forgatóhatások egyenlőségét formailag is tükröző alakzatot alkalmazza. Ez szavaiból is kicseng: "Tehát az A pontra felirom a nyomatékot. G_1 -szer tizenhat, ennek egyenlőnek kell lennie az F rugóerő szorozva tizenhat plusz huszonnégy...ez negyven." /közben a

mondottakat papírra veti! / Az egyenletből meghatározza az F_r értékét, s összeveti a rendszerrel: " Látjuk, hogy ez az eredmény $/F_r = 20 \text{ pond}/$ jó is, mert a G_1 erő közelebb van a csuklóhoz... tehát kisebb erő... ha távolabb van a rugó, tehát kisebb erővel kell hatni, hogy egyensúlyban legyen a rud." Szintaktikailag nem mondható kifogástalannak a fenti megállapítás, de a belőle kiolvasható tartalom újabb adalék ahhoz, hogy a feladat megoldásának meghatározója a szemléletes, szintézis útján lefolyó analitikus aktus. Tulajdonképpen itt egy olyan szintetikus aktussal találkozunk, amely a feladatmegoldásból ki is maradhat, de jelenléte, magának a feladat megoldójának további munkájára is pozitív hatást fejt ki. A számítás helyes eredményéről meggyőződve sikerélményhez jut a kísérleti személy, amely motiválja a további megoldásra. Ezt történt itt is. Meggyőződve a helyes eredményről, külön megerősítés nélkül is folytatja a feladat megoldását. Mintegy lezárja a feladat első részét, amikor azt mondja, hogy: " Tehát meghatároztuk a rugóerőt... ez a rud /1-es rud/ már egyensúlyban van." Ezután következik az egész feladat analitikus vizsgálatának második része, amely természetesen a szintézis folyamatával át- meg át- szöve jelentkezik itt is. A második kart különválasztva vizsgálja, de a vizsgálatát determinálja az első kar elemzésekor szerzett ismerete is." Most, mikor tudjuk a rugóerőt és ebben a csuklóban /B/ hat-hat húzóerő is, de el is tud fordulni, de mivel ez a rud /1-es/ egyensúlyban van... tehát ez a rud /az 1-es rud/ egyensúlyban van, akkor felírjuk erre a csuklóra /B/ a nyomatókat, viszont ez a rugóerő /amit már kiszámolt/, ez még csak egy része annak, amilyen erővel a rugónak feszíteni kell ezt, mert erre /B/ még egy bizonyos erővel a G_2 is hat." A rendszert felbontotta két örmagában is egyensúlyban lévő rendszerre, majd az 1-es kar egyensúlyát bizto-

sitó erőt határozta meg / az A pontban ébredő erőt nem veszi figyelembe, csak a feladat végén, az újra-elemzéskor!/, s a 2-es kar 1-hez való relációját vizsgálva elemzi magát a 2-es kart és az azokat terhelő erők hatását. Az egyensúly fogalmát a gyakorlatban is tudja alkalmazni, a szemléletes analitikus aktus helyes - ez a titka, hogy a következőkben szinte egyik pillanatról a másikra a helyes következtetést vonja le kísérleti személyünk: "Tehát ha most felírjuk a B pontra a nyomatékot, akkor megkapjuk azt, hogy itt a C-ben milyen a függőleges irányú erő F_{cy} , aztán hogy ha felírjuk itt egy másik pontra / a C-re mutat / a nyomatékot, akkor megkapjuk, hogy ennek a rugónak milyen erőt kell kifejtteni még a G_2 súllyal szemben is." Természetesen a helyes megoldás nem marad el, jól határozza meg a szöget és az utólag F_{r2} -nek nevezett rugóerőt is. Majd a két rugóerőt összegzi. A további munkát a kísérletvezető megszakítja, s a feladatmegoldás követelményeire kérdez. "A rugó megnyúlását nem szükséges meghatározni, egyébként az $4/3$ mm, de légy szíves válaszolni a feladat kérdéseire, szavakban." A tanuló felsorolja a meghatározott adatokat, s az újabb elemzés-egybevetés folyamán mintegy mellékes körülményt, megemlíti az F_A erő szerepét is. "Tudjuk, hogy egy rendszer akkor van egyensúlyban, ha bármely pontjára felírva a nyomatéki egyenletet, a nyomaték összege nulla, tehát forgatónyomaték nem hat rá, és a rá ható erők összege is nulla. Ismerjük az α szöget és a rugóerőt és még meghatározhatnánk az A pontra ható erőt, ami a G_{3x} reakcióerejéből és felfelé ható erőből áll. "Majd elmond egy lehetséges módszert az F_{Ay} meghatározására, s ebből valamint az F_{Ax} -ből az F_A kiszámításának egy módját. Az F_A erő irányszögét is helyesen határozta meg szóban.

K.K. kísérleti személynél is tapasztalható volt az a szinte általános jelenség, miszerint az F_A erőt mintegy mellékesnek tekintették. Mint kiderült, ez esetben az oktatás hiányossága volt a jelenség okozója. Az oktatási egység tanításba közbeni feladatok nagy részénél a rögzített csuklóban ébredő erőket nem határozták meg a tanulók. A helyes műszaki szemlélet, miszerint a rögzített csuklóban is ébred erő, a tanulóknál megtalálható, hisz egy-egy jól irányzott kérdés a helyes megoldást eredményezte. Tulajdonképpen a meghatározás módjából is az tükröződik, hogy a feladat ezen része nem ismeretlen, csupán a rosszul rögződött gyakorlat fejti ki gátló hatását.

d./ Rendhagyó megoldások

A feladatmegoldások rendszerint a várakozásnak megfelelően zajlottak le, két tanuló viszont figyelemreméltó, rendhagyó megoldást adott.

N.J. kísérleti személy feladatmegoldása tisztán rajzos volt, amely a tanulói kísérletek jegyeit viselte magán. A feladatmegoldás példája a konstruktív műszaki szemlélet meghatározó jellegének a gondolkodásban. Meg is említette a kísérleti személy: "Egy jó rajz fél megoldás." A rajz érzékelése viszont mindenképpen az objektív valóság szemléletes látását követeli. Pusztán rajzot, ábrát értelmezni nem lehet. A rajz mögött ott rejlik az a "belső feltétel", amely a gondolkodás determinisztikus jellegét bizonyítja. A rajzok, vázlatok felvétele valamennyi műszaki tudományban a valóságból indul ki, akkor is, amikor az már mechanikusan történik. Gondoljunk csak egy csavaranya jelölésére. A jelölés, ha az ismeret már készség szintjére emelkedett, nem úgy történik, hogy az anyát felidézi gondolatában az egyén, s azt ábrázolja,

de az ismeretelsajátítás kezdeti szakaszában a szabványos jelöléseket is a létező tárgyról próbálja rekonstruálni. /A műszaki ismeretek rajzi jelölései szabványba foglaltak, de azok a legtöbb esetben következetes, szemléletes jelölések./ A későbbiekben az elsajátított ismeretek alapján jelöl a tanuló dolgokat, tárgyakat. Az ismeret viszont a létező tárgy tudatban való leképződése útján jön létre. Rendszerint a jelölés és a jelölt tárgy nagyon is hasonló, ami természetesen követelmény is !

N.J. átolvassa a feladatot - hangosan. Egyezteteti a rajzon található jelöléseket az adatokkal. Majd kijelenti: "Meg kell határozni az α szöget." Könnyűnek találja a feladatot: "Ez egyszerű.", de a rajz további elemzése után rájön, hogy ismeretlen a rugóerő is, ezen elcsodálkozik: "Micsoda?!" Most már "mélyebben" belegondol, s máris "pótadatot" "követel". A "pótadat" létezésében reménykedik, így próbál kitérni a megoldást biztosító analitikus tevékenység elől. Meg is indokolja: "Mert hogyha meg lenne adva a rugó megnyulása, akkor nem lenne nehéz kiszámolni. A rugó megnyulásából a rugóerőt, a rugóerőből felírni erre a pontra /A pont/ a nyomatékot, s akkor megvan a G_3 is /a G_{3y} -ra mutat/. Ebből pedig az α -t."/Miután a kísérletvezető közli, hogy pótadat nincs, újból átvizsgálja az adatokat, s megfogalmazza a követelményeket. "Ennek a rudnak egyensúlyban kell lennie, egyensúlyban pedig akkor van, ha egyenes. Akkor lesz egyenes, ha a rugóerő felfelé húzza, és ő is." /A G_{3y} helyére mutat!/ Lerajzolja a rendszert, ahol G_3 erőt is felbontja. - Visszatér a kiadott feladatlapra, s az erők hatását helyesen analizálja, a szintetikus aktus is helyes. "Tehát akkor ez /1-es rud/ idáig /B pontig/, tehát az A ponttól a B pontig felfoghatjuk egy rudnak.

Ez az A pont körül elfordulhat ! A B pontban ez a rugó ellent tart ennek G_1 -nek/, valamint ennek a G_2 -nek." A rugó szerepét tehát helyesen látja. Nem választja viszont ketté a rendszert, ami a feladat helyes megoldásához vezetne, már ebben a fázisban. Mindenképpen egyszerre kívánja meghatározni az F_r és G_{3y} erőket. Itt találkozhatunk a szemléltetés hátrányával. Gondolataiból, töredékmondataiból arra lehet következtetni, hogy a szemléltetés útján szerzett ismereteire támaszkodik. Ott pedig az ilyen jellegű rendszereknél a hiányzó két adat egyszerre állapítható meg. Igaz, a szemléletes oktatás hasznos oldala is megmutatkozott, hisz a belső feltételek kialakításában fontos szerepet játszó szemléltetés hatása is egyértelműen kidomborodik akkor, amikor észreveszi a rugó kettős feladatát. A szemléltetés során ugyanis tapasztalhatta a tanuló, hogy a hasonló szerkezet " 2-es karjának " elhanyagolásával a rugónak csak annyi erőt kell kifejtenie, hogy az ottani 1-es karon ható erővel / erőkkel / tartson egyensúlyt. Ebből is látszik, hogy a szemléltetés nem pótolja a hiányos ismereteket, jelen esetben az egyensúlyból következő tételt, miszerint ha az egész rendszer egyensúlyban van, akkor a rendszer bármely része is egyensúlyban van, tehát külön-külön is vizsgálható.

A feladat megoldásának további menetében szintén az analitikus, szintetikus aktussal próbálkozik a tanuló előbbre jutni, s újabb rajzot vesz fel, ahol a rugó erejét / amelyről rögzítette, hogy az 1-es és 2-es kart is tartja /, már egyetlen erővel jelöli. Majd az analitikus folyamat újabb jelét fedezhetjük fel. A második rajzon bejelölt erőket veti össze. Bejelöli az A csuklóban ható erőket, s a le-

felé ható erőket összeadja, s ebből próbál következtetni a felfelé hatókra: " Ez huzza ötvennel, ez huzza harminccal, összesen nyolcvannal, tehát felfelé is nyolcvan huzza." Majd rövid gondolkodás után, miközben a második rajzát tanulmányozza, felkiált: " Jól van." A " felfedezés" után így folytatja: " Ezt a részt itt vehetjük egy kéttámaszu tartónak, ami egyensúlyban van." / A 2-es kart, terhelő erőivel együtt tekintette kéttámaszu tartónak./ " A G_3 összetevője és az egyik rugó a reakcióerő, ő pedig G_2 / a terhelő erő." A kéttámaszu tartót fel is rajzolta / 3.számú rajz /. Minden valószínűség szerint főként az általa készített 2-es számú rajz, s az elemzés útján hozzájutott ismeretek váltották ki a felfedezést. Ezután a feladat megoldásának helyes menetét hibátlanul elmondta a kísérleti személy.

Végeredményében a rajzmegértés és a helyes megoldás korrelációja tapasztalható a kísérleti személy munkamenetében.

A rajzos megoldás során igyekezett a feladatot általánosságban megoldani, elvonatkoztatott a konkrét adatokkal ellátott feladattól, s az " elviekben " meghatározott feladatmegoldást " ülteti " vissza a konkrét problémára. Mindebből arra következtethetünk, hogy a jó feladatmegoldást N.J. konstruktív műszaki szemlélete biztosította.

Figyelemre-méltó Cs.Z. kísérleti személy feladatmegoldása is. A feladatlap kézbevételeitől számítva 60 másodpercig "csak" nézegette, olvasgatta a feladatot, egy szót sem szólt. Majd nagyon helyesen megállapítja. " Tehát nekem azt is meg kell határozni, hogy mit is kell tulajdonképpen kiszámolni. Ahogy né-

zem ezt a feladatot, a rugónak a megnyulását kell kiszámítani, és a rugóerőt... Most látom itt, hogy a rugó csak egy csuklópontban kapcsolódik." Majd ismét szemlélteti a feladatot, s mostmár a csukló "felfedezése" után rövid idő alatt rájön a feladat megoldásának lényegére. A felfedezése pedig egy lényeges analitikus aktus. A "szótlansága" ideje alatt elemzése - amely a szintetikus analízis volt - szolgáltatta azokat az ismereteket, azokat az új tartalmakat, amelyek segítségével, a csukló létezésének észrevétele után, a helyes megoldást lehetővé tették. "Igen. Tehát ki kell számítani, hogy ezt a súlyerőt $/G_1/$ tizenhat milliméteres karon mennyi erővel tudjuk egyensúlyban tartani negyven milliméteres karon... egyszer !" Rájött tehát a megoldásra, amelyet az a szemléletes szintetikus, analitikus aktus váltott ki, amely élesen kirajzolódik a fenti mondataiból. Itt már két részre bontotta a feladatot. Megfogalmazásaiból - mint később is láthatjuk - nem rajzolódik elénk kristálytiszttán cselekedeteinek miértje, nem tudja definiációszerűen megindokolni műveleteit, de kitűnik az a szemléletes gondolkodás, amely végülis a feladat rekordidő alatti megoldását eredményezi. Gondolataiban gyakran előbbre jár, mint szavaiban, mintegy feleslegesnek, mellékesnek tartja a beszédet.

A továbbiakban nem mondja el, hogy miért csinálja azt, amit éppen mond, hisz a fogalmak nagyrésze interiorizálódott szinten van, tehát csak a konkluziót közli: "Vesszük itt a C pontot egy fix pontnak, és akkor erre felírjuk az egyensúlyi egyenletet...a G_2 súlyerő nyomatékát 30 mm-es karon milyen erővel tudjuk kompenzálni, 45 mm-es karon, szintén itt a B pontban. S akkor a kéterőnek vesszük az összegét, ez lesz itt a rugóerő. A c_r meg van adva, a rugóerő is meg van adva / most határozta meg /, s ebből ki tudjuk számítani a megnyulást. Aztán pedig meghatározzuk még a ...B

pontot vesszük fixpontnak, meghatározzuk itt is a C pontban, itt lesz G_3 erőnek egy függőleges irányu összetevője". Vagyis a B pontra felírt nyomatéki egyenlet segítségével meghatározható a G_{3y} . Majd az α meghatározásának módját mondja el. Ezután azonnal rátér az A erő meghatározására.

" Az egyensúlyhoz ki kell számítani az F_A erőt is, ami ...aminek két része van. Egyik a G_3 vízszintes erőt kompenzálja, a másik...függőleges, felfelé húzza a rudat /1-es rudat/." Az F_A erő meghatározása itt is a végére maradt, de önállóan, a feladat újbóli átolvasása nélkül oldja meg ezt a részt. A helyes szemlélet, miszerint a rud Apontja, ha rögzített, "akkor is " erőre van szükség a tartására, Cs.Z.kísérleti személynél érezhető volt. " Az A rögzített, de kiszámíthatjuk az itteni erőt is. Egyszer adódik a G_3 erőnek az x irányu összetevőjéből, vagyis a reakcióerőből, és még hat rá a...tehát meg kell határozni az A erőnek a függőleges irányu összetevőjét úgy, hogy pl.felírjuk a B pontra a nyomatékot... és ebből. Innen már egyszerű az erőt / F_A / és a szöveget meghatározni."

Cs.Z. végül is egy betűt nem irt a papírra, hisz a feladatot szóban, paraméteresen helyesen oldotta meg, s a kísérlet célja nem a számolási készség vizsgálata volt.

5. K o n k l u z i ó

A fentiek bizonyítják, hogy a műszaki gondolkodásban a szemléletes és elvont gondolkodás egybeeső folyamatok. A tanulók vizuális anyagban, /tartós szerkezet rajzában/ épp úgy gondolkodtak, mint a feladathoz kapcsolódó interiorizálódott fogalmakban. Ilyen interiorizálódott fogalmak feladatunkban pl. a kényszerek, a rugóerő függése a megnyúlástól és a rugóállandótól, az egyensúly. Ezen fogalmak biztosítják a helyes egyensúlyi egyenlet felírását is.

A vizuális gondolkodás jegyei érezhető pl. K.K. kísérleti személy feladatmegoldásában, amikor az egyes /1-es/ karra írja fel a nyomatéki egyenletet: " G_1 -szer tizenhat, ennek egyenlőnek kell lennie az F rugóerő szorozva tizenhat plusz huszonnégyszer negyven." A nyomatéki egyenlet - amit az egyensúly fogalmának interiorizációja révén ír fel - vizsgálva láthatjuk, hogy a felírás módja / " $G_1 \cdot 16 = F_r \cdot 40$ " / formailag is a kísérleti személy vizuális gondolkodását tükrözi.

A részletesen elemzett feladatmegoldásból és a többi kísérleti személy munkájából egyértelműen kitűnik, hogy a műszaki feladatok megoldásának alapvető feltétele a szintézis útján végbemenő analitikus folyamat, amely a szemléletes műszaki ismeretek által determinált.

Mint ahogy a gondolkodást, az objektív tényezők határozzák meg, a személyiség egésze közvetítésével, vagyis a belső tényezők által is determinált, úgy a gondolkodás aktív segítője is determinisztikus jellegű. A belső feltételek alakítása, formálása, fejlesztése a valóságos, objektív tények hatása által valósul meg.

A tanuló számára ismeretlen objektív tényeket, a valóságot a szemléltetéssel tudjuk eljuttatni; a szemléltetés biztosíthatja, hogy a közölt tények, a valóság gazdagítsa a tanuló belső feltételeit.

Szemléltetéssel mindig a valóságformát kell közölni, persze

a közlési mód lehet szimbólikus is, amely módszert ajánlatos gyakran alkalmazni.

A szemléltetés által közölt tények formálják a személyiséget, s a tárgynak megfelelő nyelvezetben közölt ismeretek, a tárgy jellegének megfelelően alakítják a már

birtokban levő ismereteket. A szemléltetés nemcsak arra való, hogy konkrét alakjában vésődjön az emlékezetbe az eszköz, vagy a vele közölt új ismeret, hanem a szemléltetéssel könnyebbé tehető az ismeretek interiorizációja, esetleg csak alkalmazásával valósítható meg a folyamat. Természetesen a szemléltetés nemcsak az elsajátítás hatékonyságát biztosíthatja, de az elsajátított ismeretek gyakorlati alkalmazását is szembetűnően befolyásolja. Amikor szemléletes gondolkodásról beszélünk, gondolnunk kell arra, hogy az nem véletlenszerű kialakult képesség. Olyan gondolkodási mód, amely a feladatok megoldásában - nemcsak az iskolai feladatokra kell gondolni - nélkülözhetetlen tényező.

A gondolkodást meghatározza a belső feltétel - természetesen az objektív valóság tükröződik a belső "adottakon" keresztül -, s a belső feltételeket pedig a szemléltetéssel is alakíthatjuk, formálhatjuk a szemléletes műszaki gondolkodást biztosító alapra. A helyes műszaki szemlélet kialakításának a helyes szemléltetés az alapja. A szemléltetés pedig, ha nem is direkt uton, de áttételesen befolyásolja a gondolkodást. Belátható ez a tétel a következők szerint: hogyha a valóságban található objektumok a belső feltételeken keresztül meghatározzák a gondolkodást, akkor a szemléltetés - amely a valóság hű, érthetőbb, könnyebben felfogható formába öntése - ugyanugy meghatározza a gondolkodást.

A feladat megoldása igényli a helyes analitikus folyamatot. Az analízis viszont nem lesz kielégítő, ha a feladat megoldója nem rendelkezik a feladat jellegének megfelelő szemlélettel.

Konkrétan: a műszaki feladatok megoldásának alapvető feltételeként elfogadott analitikus aktus akkor és csakis akkor lesz " teljesítményképes " , ha a megoldó személy a szemléletes műszaki gondolkodás belső feltételeivel rendelkezik.

A gondolkodás tehát a műszaki feladatok megoldása terén a szemléltetés által is meghatározott, a szemléltetés által, ami a helyes műszaki szemlélet kialakításának lényegi feltétele.

IRODALOMJEGYZÉK

- Dr. Ágoston György: Neveléstudomány. Tankönyvkiadó, Bp., 1973.
- Dr. Ágoston György: Az audio-vizuális technikai eszközök alkalmazásának pedagógiai és lélektani jelentősége. Felsőoktatási Szemle, 1966. 2. sz. /65 - 69. o./
- Bencsik István: Az oktatási eszközök fejlesztésének didaktikai - metodikai alapjai a szakképzésben. AV Közlemények, 1976. 1. sz. /19 - 27. o./
- Bodó László: A II. Nemzetközi Tudományos Taneszköz-konferencia munkájáról. III. rész, AV Közlemények, 1976. 3. sz. / 234 - 240. o./
- Bogojavlenszkij, D.N. - Kalmikova, Z.J. - Kudrjavcev, T.V.: A gondolkodás fejlesztése iskolai feladatok megoldása útján. Akadémia Kiadó, Bp., 1966.
- Bogojavlenszkij, D.N. - Mencsinszkaja, N.A.: Az iskolai ismeretsajátítás pszichológiája. Tankönyvkiadó, Bp., 1965.
- Bokor László - Latorcai János: Oktatástechnikai eszközfejlesztés tananyagelemzés alapján a szakmunkásképzésben. AV Közlemények, 1977. 2. sz. /143-146. o./
- Bruner, J.S. : Az oktatás folyamata. / A pedagógia időszerű kérdései külföldön 20./ Tankönyvkiadó, Bp., 1968.
- Bruner, J.S.: Új utak az oktatás elméletéhez. Gondolat Kiadó, Bp., 1974.
- Dzsatkó József: Hangosított képsorok a tanítási órán. Középfoku Szakoktatás, 1975. 6. sz. / 26 - 32. o./
- Elkonyin, D.B.: Gyermeklélektan. Tankönyvkiadó, Bp., 1964.
- Fuchs, W.R.: Az új tanulási módszerek. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Bp., 1973.
- Futó László: Kép és hang szinkronban. AV Közlemények, 1976. 2. sz. / 227 - 229. o. /

- Gál Róbert: Merre tart a szakmunkásképzés hazánkban?
Pedagógiai Szemle, 1978. júniusi sz./537 - 544. o./
- Gyaraki F. Frigyes: A vizuális oktatás hatékonysága és
a "képalkotás" módja közötti /ujabb/ összefüggés.
AV Közlemények, 1976. 3. sz./ 415 - 425. o./
- Horváth György: A tananyag és a tankönyv strukturája.
Tankönyvkiadó, Bp., 1972.
- Inhelder, B. - Piaget, J.: A gyermek logikájától az
ifjú logikájáig. A formális műveleti strukturák
kialakulása. Akadémia Kiadó, Bp., 1967.
- Kása László: Szakmunkásképzés. AV eszközökkel. AV Köz-
lemények, 1976. 5. sz. / 401 - 404. o. /
- Dr. Kelemen László: A tanulók gondolkodása 6 - 10 éves
korban. Tankönyvkiadó, Bp., 1960.
- Dr. Kelemen László: A 10 - 14 éves tanulók tudásszintje
és gondolkodása. Akadémia Kiadó, Bp., 1963.
- Dr. Kelemen László: A 10 - 14 éves tanulók problémamegol-
dó gondolkodása cselekvéssel kapcsolatos feladatok-
ban. Pszichológiai Tanulmányok, 1963. V. kötet,
/187 - 203. o./
- Dr. Kelemen László: Az oktatástechnikai eszközök alkalma-
zásának lélektani feltételei. Országos Oktatás-
technikai Központ kiadványa, 1976. /Előadás./
- Kiss Árpád: Műveltség és iskola. Akadémia Kiadó, Bp.,
1969.
- Klein Sándor: A matematikaoktatás néhány pszichológiai
problémájáról. Pedagógiai Szemle, 1977. áprilisi
sz. /327 - 338. o./
- Leontyev, A. N.: A pszichikum fejlődésének problémái.
Kossuth Kiadó, Bp., 1964.
- Leontyev, A. N. + Galperin, P. Ja.: Az iskolareform és
pszichológiai feladatai. Pedagógiai Szemle, 1960.
10. sz./898 - 909. o./
- Lénárd Ferenc: A problémamegoldó gondolkodás. Akadémia
Kiadó, Bp., 1963.
- Magyari László: Az AV-eszközök helye az ismeretszerzés
folyamatában. AV Közlemények, 1974. 3. sz./332-342. o./

- Nagy László: Az ismeretek alkalmazásának pszichológiai problémái. Tankönyvkiadó, Bp., 1975.
- Országos Pedagógiai Ujitási Kiállítás és Tapasztalatcsere. Pedagógusok Szakszervezete KV Köznev., Kult. és Agit.Prop.O., Bp., 1975.
- Nagy Sándor: Pedagógia III. Az oktatás elmélete. Tankönyvkiadó, 1960.
- Percel Sándor - Hofer Ágnes: Kémia oktatóprogramok hangos diával. AV Közlemények, 1976.1.sz./32 - 46.o./
- Pólya György: A gondolkodás iskolája. Gondolat, Bp., 1968.
- Radnai Béla: Az ifjúkor pszichológiája. Zrinyi Katonai Kiadó, Bp., 1964.
- Rókusfalvi Pál: Ábrák szerepe a matematikai problémamegoldó gondolkodásban. Akadémia Kiadó, Bp., 1959.
- Rubinsztejn, Sz.L.: Gondolkodáslélektani vizsgálatok. Gondolat Kiadó, Bp., 1960.
- Rubinsztejn, Sz.L.: Léte és tudat. Kossuth Könyvkiadó, Bp., 1967./a.
- Rubinsztejn, Sz.L.: Az általános pszichológia alapjai I, II. Akadémia Kiadó, Bp., 1967./b.
- Rubinsztejn, Sz.L.: A pszichológia fejlődése / Elvek és utak/. Tankönyvkiadó, Bp., 1967./c.
- Salamon Jenő: Gyermek gondolkodása a cselekvésben. Akadémia Kiadó, Bp., 1971.
- Schullerné Deák Mária: A világnézetünk alapjai oktatásának tapasztalataiból. Pedagógiai Szemle, 1967.márciusi sz. / 264 - 273.o./
- Simon István - Tóth Józsefné : Diavetítés az egyetemi politikai gazdaságtan oktatásában. AV Közlemények, 1977.6.sz. / 539 - 544. o./
- Szabó Károly: AV kultúra és történelemtanítás. AV Közlemények, 1976.2.sz. / 101 - 103. o./
- Szalai László: Az oktatás technikai eszközei. Tankönyvkiadó, Bp., 1975. /Kézirat/.
- Székel Endréné: - Szokoloszy István : Didaktika. Tankönyvkiadó, Bp., 1970. /Kézirat/.

- Szücs Ervin: Dialógusok a műszaki tudományokról. Műszaki Kiadó, Bp., 1976.
- Talizina, N.F.: A programozott oktatás elméleti problémái. Tankönyvkiadó, Bp., 1970.
- Tyeplov, B.M.: Pszichológia. Tankönyvkiadó, Bp., 1950.
- Varsányi Zoltán: Az írásvetítő alkalmazásának lehetőségei az anyag - és gyártásismeret tanításában. AV Közlemények, 1976.4.sz./ 520 - 525. o./
- Vigotszkij, L.Sz.: A magasabb pszichikus funkciók fejlődése. Gondolat, Bp., 1971./a.
- Vigotszkij, L.Sz.: Gondolkodás és beszéd. Akadémia Kiadó, Bp., 1971./b.
- Zbigniew Pietrasinski: A helyes gondolkodás pszichológiája. Gondolat Kiadó, Bp., 1966.

JEGYZŐKÖNYVEK

1. J e g y z ő k ö n y v

Kísérlet tárgya: analízisvizsgálat.

Kísérleti személy: Harsányi József.

- Hangosan felolvassa a feladatot, majd megállapítja, hogy " a rendszer egy kényszeres feladat."
- Elemzi a rajzot: " A két rud elfordulhat, a második rud végén egy fonál képvisel erőt."
- Felidézi ismereteit: " A kényszerekkel kapcsolatban megemlítendő, hogy mozgásgátló elemek."
- Ismereteit a konkrét feladatra vonatkoztatja: "Ebben a kényszerelem a rud. Találhatunk két rudat, amelyben csak húzó-és nyomóirányu erő ébredhet. A másik /kényszer/ a szál, ami csak húzóirányu erőt bír, tehát már kiköthetjük, hogy ebben csak szálirányu erő ébredhet."
- Folytatja a rendszer elemzését: " A rendszer tehát nyugalomban van, vagyis a rendszerre ható erők eredője zérus."
- Közben észreveszi a feladat egyik kitételét: " A rudak súlya elhanyagolható. Ez fontos kikötés, hiszen ez nagymértékben befolyásolná a feladatot."
- Elemzi a többi feltételt, s összeveti a rajzzal valamint ismereteivel: " Az adatok közt szerepel G_1 , G_2 , a fonálfeszítőerő a $c_r \dots c_r$?...ja igen, mert rugó van, tehát a rugóállandó...meghatározandó a rugóerő, hiszen a rugóerőnek csak a c_r -jét ismerjük, s tudjuk azt az összefüggést, hogy a $c_r = \frac{F}{x}$, hiszen a mértékegységből is láthatjuk, hogy pónd/mm , és ismerjük G_3 -at, az α szög nincs megadva...igen..."
- A vizsgálódásaiból szerzett ismeretei alapján a megoldás első lépéseit keresi: " Abból kell kiindulni, hogy az egész rendszer egyensúlyban van. Tehát legelső lenne, hogy egy pontban fel kellene írni a nyomatékokat, s az alapján következtetni. Én magam részéről elsőnek tekinteném ezt a függőleges irányu erőt $/G_3/$ meghatározni a rud végén, hiszen itt α szög van, tehát tudjuk,

- hogya ez az erő G_3 egy eredő, amely eredőt felbont-
hatunk két összetevőre, ami fog egyszer hatni a rud-
ra függőlegesen G_{3y} és fel fog bomlani egy olyan
erőre - lényegileg a későbbiek folyamán az A csukló-
ban fog hatni - egy vízszintes komponensre. G_{3x} /"
- Természetesen nem lehet külön választani az analiti-
kus és szintetikus egységeket, hisz azok át- meg át-
szőve jelentkeznek.
 - Azt keresi, hogy melyik pontra célszerűbb felírni a
nyomatékot. Először az A pontra, az egész rendszerre
próbálja felírni, a két kart egynek véve. Ezt viszont
elveti.
 - " Na most hová lenne célszerű felírni a nyomatékot ?
Ha az A pontba írjuk fel...akkor két ismeretlen lesz
az egyenletben."
 - A rajzot elemezve újabb próbálkozásba bocsájtkozik.
"Ha a B pontra felírjuk a nyomatékot..., a jobb ol-
dálnak és a bal oldalnak is egyensúlyba kell lennie.
...Felírhatom csak a jobb oldalra is...,hisz egyen-
súlyban van az egész rendszer,...jó megvan. Hisz egyen-
súlyban van a jobb oldal is."
 - Ezzel tulajdonképpen két önmagában is egyensúlyban
lévő részre bontotta a rendszert, amely a helyes meg-
oldáshoz vezet.
 - Felírja a nyomatéki egyenletet, előbb tévesen /1/,
majd helyesen /2/. Közben felbontja a G_3 erőt is./3/
 - A felírt nyomatéki egyenletből kifejezi a $\sin \alpha$ -át
/4/, s összegzi ismereteit: " Eljutottunk egy nagyon
fontos lépéshez ezzel, hisz meghatároztuk az α -át,
ami segítségével már az éppen előbb felrajzolt derék-
szögű háromszögből meg tudjuk határozni a G_{3y} -t, ami
itt fog hatni. /C pont/.
 - Tovább lép, s az F_r -hez szükséges x elmozdulást hatá-
rozza meg, az A pontra felírt nyomatéki egyenletből.
/5/ Ebből pedig az F_r -et./6/
 - A feladat követelményeit számszerűleg nem határozta

meg, de paraméteresen helyesen megoldotta. Az A pont-ra ható erőket pedig szóban közli, sőt az egyensúly másik feltételét $\sum F=0$ / is elmondja.

- Hogy valóban helyesen látja-e a feladatot, a kísérletvezető a rugó feladatára kérdez.
- " A feladatot helyesen oldottad meg, még egyszer mondd el légy szives, hogy a rugónak mi a szerepe ?"
- "Tulajdonképpen a rugó tartja a baloldali rudnak erre a pontra /A/ vonatkozó nyomatékát, pontosabban a G_1 nyomatékát és a jobboldali erő / G_3 / nyomatékát. Természetesen az A_y és G_{3y} segítségével."

2. J e g y z ő k ö n y v

Kísérlet tárgya: analízisvizsgálat.

Kísérleti személy: Balogh Sándor

- Hangosan felolvassa a feladatot.
- A rajzot elemzi: " Tehát az ábrán az egyik végén csuklóval rögzített rudat látok..., a közepén..., meghatározott távolságra fölfelé egy rugó..., egy felül rögzített rugó van, a rud végén pedig van egy C pont, a C pontban rögzítve van egy csigán átvetett kötéll, amelynek a végén egy G_3 test függ. Na most az AC rud és a kötéll között egy α szög van."
- Majd ismét a szöveget értelmezi: " A rud súlya pedig elhanyagolható."
- Összeveti a rajzot és az adatokat: " Meg-vannak az adatok, a G_1 ötven pond, tehát ...ez pedig nem más mint a csukló /A/ és a rugó közötti súly, meg van adva a távolság, ez pedig 16, aztán a G_2 , az pedig az A csuklótól meghatározott távolságra van, de az majd a számításakor kell, ...meg van adva a súlya...30 pond. A G_3 pedig nem más mint a kötélen függő súly... ez 120 pond. Ezenkívül még adott a rugóállandó, ez 30 p/mm."
- Az eddigi elemzést szintetikus aktus követi: " Tehát mint a feladat is közli, a szerkezet így önmagában egyensúlyban van ! Ez pedig azt jelenti, hogy a szerkezetre ható erők eredője zérus."
- Majd a feladat megoldásának menetét közli: " A feladat megoldásánál a következő módon járok el: Először is úgy kell eljárni, hogy egy párhuzamos hatásvonalu erőkkel tudom csak meghatározni, a párhuzamos hatásvonalu erőket."
- Ismét a feladat feltételeit elemzi: "Viszont itt a csukló végén / a rud végére mutat, a C pontra / egy α szögben ható erő van, mégpedig azért, mert a csiga csak az erőhatás vonalát változtatja meg, magát az

erő nagyságát nem. Tehát ez azt jelenti, hogy a C pontban egy α szögben, egy G_3 nagyságú erő hat. És ennek az erőnek ki kell számolni a függőleges irányu komponensét, ez pedig sinus szögfüggvénnyel számolható ki. "

- Visszatér a feladatmegoldás további menetére: " Hogyha megvan a függőleges komponens, akkor a rugónak a rugóerejét kell meghatározni, az a feladat, mert azt nem ismerjük, de ismerjük a rugóállandót."

- Rajzot vesz fel, s közben a feladatot újra értelmezi, rögzíti eddigi ismereteit, amelyeket a feladat elemzése útján nyert. A jelölések egyformák lettek.

$$/ G_1 \hat{=} F_1; F_r; G_2 \hat{=} F_2; G_3 \hat{=} F_3. /$$

- Majd újra rögzíti a feladat summázott követelményét:

" Tehát a szerkezet egyensúlyát kell megvizsgálnunk."

- Ezután a részkövetelményeket akarja meghatározni: "Első lépés kiszámítani az F_3 erőnek az y irányu komponensét."

- F_y -t meghatározza paraméteresen, s rádöbben, hogy α sem adott: " ...Tehát az α szög értéke nem adott a feladatban. Tehát az α szöget is meg kell határozni."

- Pillanatnyi zavar támad, amelyből úgy próbál menekülni, hogy nem vesz tudomást az új információról, hanem inkább felírja az A pontra a nyomatéki egyenletet. Közben kitér az A pontban ébredő erő értelmezésére is: "...Az erő amely a vízszintessel α szöget zár be, ... F_3 ...tehát ez az erő hat...ebben az esetben az A pontban, tehát a csuklóban, egy olyan erő ébred, amely a vízszintessel egy bizonyos szöget zár be. Na most ennek az erőnek a nagysága függ egyrészt attól, hogy mekkora az α szög, aztán függ attól, hogy mekkora ez az F_3 erő. És tudjuk, hogy a vízszintes irányu komponense ennek az A pontba ható erőnek, tulajdonképpen megegyezik a C pontba ható F_3 erőnek a vízszintes komponensével $/F_x/$, a függőleges irányu komponensét pedig számi-

- tással tudjuk meghatározni csak."
- Majd az F_r -et próbálja kiszámítani, de rájön, hogy "egyszerűen" nem lehet meghatározni.
 - Ismét rögzíti a feladat követelményeit - részlegesen: " Tehát nem ismerjük az α szöget sem..."
 - Az F_x -et próbálja meghatározni, szögfüggvény segítségével, de rájön, hogy nem lehet: " Tehát itt is tulajdonképpen oda jutottam vissza, mint az előbb, hiszen α szöget nem ismerem...tehát ugyan ott vagyok, ahol az előbb."
 - Ennél a problémánál marad, s matematikai úton próbálkozik, az F_3 ; F_y ; F_x háromszögből szándékozik meghatározni az α -át.
 - A kísérletvezető " segédfeladatként "megkérdezi, hogy " egy háromszöget hány adata határozza meg egyértelműen?"
 - Ebből ráeszmél, hogy a feladatban lévő háromszög határozatlan: " Ez az út nem célravezető."
 - Majd újra az F_r -et vizsgálja.
 - Ismét értelmezi a feladat fő követelményét: "Tehát az eredeti kérdés az volt, hogy határozd meg az alábbi szerkezet egyensúlyának a feltételeit."
 - Ez az átgondolás váltotta ki a feladatmegoldás lényegét !
 - "Az egész rud /1-es és 2-es rud/ egyensúlyban van, akkor ez a fele is egyensúlyban van." /1-es rudra mutat./
 - Ketté választja a rendszert, s a megoldást mostmár könnyedén megadja.
 - Meghatározza az F_{r1} -et, az A pontra felírt nyomatékból, majd a rugó megnyúlását is.
 - Ezután a B pontra írja fel a 2-es kar nyomatéki egyenletét, amelyből kiszámítja az F_y / F_{3y} értékét.
 - Majd közli: " Az előzőekben meghatároztuk a rugóerő egyik összetevőjét, ha felirom a C pontra a nyomatékot, kiszámíthatom az F_{R2} -t is."
 - Kiszámítja az F_{r2} -t és összegzi a két F_r -et.

- "A tényleges rugóerő $F_R = F_{R1} + F_{R2} = 20 + 20 = 40$ p."
- A kísérletvezető kérésére csak szóban adja meg a további megoldást - helyesen.
- A feladat megoldása látszólag egy mondaton mulott, de ez csak látszólagos. Az elemzés útján nyert ismeretek váltották ki a megoldás feltételét.

3. J e g y z ő k ö n y v

Kísérlet tárgya: analízisvizsgálat.

Kísérleti személy: Löki János

- Hangosan felolvassa a feladat szövegét.
- Elemzi a rajzot: " Van egyszer egy csuklós kényszer...egy rugós megfogás, aztán ...egy csuklós dobon átvetett kötél, ez is egy kényszer."
- Az adatok összevetése a rajzzal: " Na most az adatok... G_1 , az egyik súly, ...van egy rugó...a c_r nyilván a rugóval összefüggésbe lesz...van a másik súly $/G_3/$."
- Megfogalmazza a feladat egyik követelményét: " Ez $/G_3/$ egy kötélén van,... egy α szöggel van a vízszinteshez... a G_3 -at ismerjük, meg kell határozni a szöget."
- Az elemzésből levonja a következményeket s az egyensúly feltételét határozza meg: " Tehát az egyensúly feltételei, a rendszerre ható erők eredője zérus legyen. Tehát akkor valamelyik pontra fel kell írni a nyomatékokat."
- Ezt a meghatározást mintegy pihentető aktusnak szánta, hisz az elemzést tovább folytatja: " A rudnak súlya elhanyagolható, tehát ezekkel nem kell számolni... G_1 ötven pond...melyik pontra érdemes felírni...az A pontra érdemes felírni."
- Az analízis nem volt "kimerítő", tehát a tipikus hibába esik, miszerint olyan nyomatéki egyenletet ír fel, amelyben két ismeretlen is található. Az egyenlet felírása közben torpan meg, s észreveszi a "buktatót". Most már újra elemzi a feladatot, érthetetlenül dörög az orra alatt.
- Majd újra az A pontra igyekszik felírni az egyenletet - helytelenül - kimarad az F_r hatása.
- Ezt a kísérleti személy is észreveszi, s most újra szemügyre veszi a rugó hatását: " A rugó az felfelé

- huzza ezt / 1-es rudra mutat / 40 mm-en...és akkor felfelé huzza ezt is /2-es karra mutat/."
- Állítását meg is indokolja: " Mert ha ez lefelé huzza G_1 /, akkor a rugónak felfelé kell huzni...ez itt lefelé huzza G_2 a 2-es kart/, ez felfelé G_{3y} /, akkor a rugó ezt is /2-es kart / felfelé huzza. "
 - A rugó kettős feladatát felfedezte. Itt viszont megtorpan.
 - Nagyon erősen gondolkodik, s megkönnyebbülten felsóhajt: " Az egész egyensúlyban van...akkor a B-re felírhatnánk a képletet."
 - A nyomatéki egyenletre gondol, s fel is írja. Itt is lépten- nyomon megtalálhatók a szemléletes gondolkodás kristálytiszta formái, bár csak töredék mondatokat hallat a kísérletező személy: " Ez erre forgat... ez erre a rudra..."
 - A felírt nyomatéki egyenletből helyesen határozza meg a G_{3y} -t.
 - "Mostmár ugyanis fel lehet írni az A-ra is, hogy meghatározzuk a rugóerőt."
 - Az ezt követő részben felírja a nyomatéki egyenletet az A pontra, s meghatározza az F_r értékét.
 - Ezután szóban közli a további helyes megoldást: " A G_{3y} -ból és a G_3 -ból ki lehet számítani az α -át, szinusszal, ...meg lehet határozni az A pontba az erőket és az eredőt is."
 - A feladat megoldásához a feltételek adottak voltak: helyes volt az analitikus aktus, szemléletes műszaki gondolkodás volt a dominens.

4. J e g y z ő k ö n y v

Kísérlet tárgya: analizisvizsgálat.

Kísérleti személy: Deli Attila.

- Hangosan felolvassa a feladatot, s anélkül, hogy elemezné a szerkezetet, máris rögzíti az egyensúly egyik feltételét: " Tehát ahhoz, hogy egyensúlyban legyen egy rendszer, az kell, hogy a ráható erők eredője zérus legyen."
- Majd ezután elemez, de csak felületesen: " Ez itt egy kar, tulajdonképpen, s az A pontban fordulhat el, ez egy csukló. A B pontban egy rugó van, ez felfelé húzza. Ez minden esetben függőleges irányú."
- Itt a szerkezet elemzése abbamaradt.
- A feladatot olvassa tovább: " A rudak súlya elhanyagolható."
- Majd megkérdezi, hogy mi is a feladat: " A kérdés az...mi ezzel ? ...ja a feltétele."
- A feladat feltételeinek és követelményeinek pontos feltárása elmaradt, s így máris a mechanikus feladatmegoldáshoz jut a kísérleti személy.
- "Ez azt jelenti tulajdonképpen, hogy nyomatéokra kell számolni egyrészt...igen nyomatéokra kell számolni, mert itt is hat egy G_3 erő a C pontba egy görögön keresztül, s ennek az erőnek a hatásvonala α szöveget zár be a vízszintessel, azzal a vízszintes ruddal, ahol a G_1 és a G_2 erők hatnak, valamint még a rugóerő is hat. S ezt úgy lehet kiszámítani, hogy a G_3 erőt fel kell egy függőleges és vízszintes irányú komponensre bontani, $\sin \alpha$ -val, ill. $\cos \alpha$ -val és ...ki kell számítani az F eredőt, és hogyha ez így nulla, ebből a függőleges irányú erőkből kiszámítjuk az eredőt, és ha ez így nulla, akkor függőleges irányba nem fordul el az A pont, és nem fordul el a rud."
- Amikor eldönti, hogy a nyomatéki egyenlet felírásával kezdi a feladat megoldását, akkor kezd elemezgetni,

de ez is felületes.

- A rudakat nem választja külön, ami még önmagában nem lenne végzetes hiba, de a rugó kettős szerepét sem fedezi fel, amelyre a későbbiek során sem jön rá- így elmarad a feladat helyes megoldása is.
- Ez-után biztató az analízis: " A vízszintes irányu erő, amelyet még felbonthatunk...a G_3 -ból...ez pedig az A csukló-pontra fog hatni és ennek az ellenkező értelme lesz az A reakcióerő, ami vízszintesen hat."
- Nem szól, s valószínűleg nem is gondol arra, hogy az A pontban y irányu összetevő is van.
- Ezután felírja az A pontra a nyomatéki egyenletet, amely önmagában hibátlan, de a feladat további menetéhez nem vezethet.
- Észreveszi, hogy két ismeretlen van, s új adat után érdeklődik: " De hát itt még szükség lenne, még adat ...vagy nem ? ...ebből ki lehet számítani ? "
- Rögzíti, hogy két ismeretlen van, de tovább próbálkozik az előbb felírt egyenlettel. Kitér az újabb analízis elől, pedig tudja, hogy megoldhatatlan az egyenlet.
- Behelyettesít az egyenletbe, rendez, de képtelen továbbhaladni, ezt ki is jelenti: " ...nem tudom őszintén szólva, hogy hogy lehet utána majd továbblépni..."
- Szinte teljesen feladta a további próbálkozást.
- A kísérletvezető segítsége még lendít valamit a helyzeten, de a teljes megoldás elmaradt.
- "Felhívom a figyelmedet, hogy két rudról van szó, s ezek a B pontban elmozduló csuklóval vannak egymáshoz rögzítve. Ide erősítjük a rugót is. "
- "Ja, így más...akkor a G_{3y} tart egyensúlyt a G_2 -vel, ahhoz ez a rud /2-es rud/ vízszintesen maradjon, és a rugóerő nyomatéka tart egyensúlyt a G_1 -el. És ebből a két részből fog állni."
- Mostmár látszólag megtalálta a helyes utat, hisz meghatározta a rugóerő egy részét, a 2-es karra felírt nyomatéki egyenlet segítségével. Sőt a rugó megnyulá-

- sát is kiszámítja - ebből az erőből.
- A meghatározott rugóerőt véglegesnek tekinti, s a G_{3y} meghatározásához lát. A kielégítő analitikus aktus hiánya következtében a feladatot nem képes megoldani, még segítséggel sem.
 - Meghatározza a G_{3y} erőt.
 - α szög meghatározásának módját szóban közli.
 - "Ha ismerjük a G_{3y} -t, az általad meghatározott rugóerőt, s a G_1 , G_2 súlyerőt, akkor egyensúlyban lesz a rendszer?"
 - "Hát még ki lehet számítani az A pontban a reakcióerőket. Például úgy, hogy felírnám a B pontra a nyomatékot."
 - "Szükséges-e még mást is meghatározni, az egyensúlyhoz?"
 - "Ha ezeket meghatároztuk...hát ebben az esetben szerintem nem lesz már semmi változás, tehát az x annyi mint amennyit kihoztunk...és így egyensúly lesz!"
 - Az újabb segítség, amennyiben a rugó kettős feladatára célzott volna, valószínűleg meg tudta volna oldani D.A. a feladatot. Önmagától azonban nem tudta a feladat követelményeit megadni, pusztán a feladat feltételei alapján.
- Szemléletes műszaki gondolkodása még csak olyan szinten van, amely segítségével az egyszerűbb, s főleg begyakorolt műveleteket képes elvégezni.
- Az analitikus folyamat, amely természetesen a műszaki szemlélet által determinált, nem volt megfelelő, ez okozta a sikertelen kísérletet.

5. J e g y z ő k ö n y v

Kísérlet tárgya: analízisvizsgálat.

Kísérleti személy: Medgyesi Miklós.

- Elolvassa a feladat szövegét.
- Elemzi az erők hatásait: " Tehát először is a G_1 súly egy bizonyos erőt fejt ki a rudra, lefelé ható erőt. Vegyük az A-t forgáspontnak. A B pontban a rugó egy bizonyos rugóerőt fejt ki...ez ellensúlyozza lényegében a G_1 -et, G_2 -t, és a másik ellensúlyozó erő pedig a görgőn átvett súlynak az y irányu összetevője, az fog felfelé hatni. Az x irányu összetevő az rudirányu erő...Elhajolhat a rud ebben a pontban /B pont/ ...de ez nem következhet be, mert így van egyensúlyban."
- Az erők hatásainak elemzését máris az egyensúly megvalósításának feltételeibe illesztette be - szintetizált.
- Felírja az A pontra a nyomatéki egyenletet, de még ekkor nem tisztázta a követelményeket részletesen.
- A felírás közben jön rá, hogy a rugóerő ismeretlen, de folytatja a nyomatéki egyenlet felírását. Majd kideríti, hogy α sem adott. Folytatja a nyomatéki egyenlet felírását, de mostmár elbizonytalanodik.
- Majd rögzíti a feltételeket: " Tehát meg van adva a G_1 , G_2 , G_3 és az adott c_r ."
- Először megkeressük a rugóerőt...kifejezzük ebből/az M_A egyenletből/ a rugóerőt..., de az α -t nem ismerjük!..."
- Az eddigi elemzés útján nyert ismereteiből arra következtet, hogy különválasztható a rendszer.
- "Akkor vegyük eddig a pontig /B/ az erőket...az 1-es karra írjuk fel az erőket. /Nyomatéki egyenletet/... Aztán ettől a ponttól /B ponttól/ jobbra, vagyis a 2-es karra számítjuk ki az erőket."
- Gondolkodik..

- " Mire gondolsz ? "
- " Jó lesz-e így, hogy felbontjuk két részre,..mert akkor ez /2-es kar/ figyelmen kívül marad."
- Gondolkodik, majd úgy dönt, hogy járható utat választott, s ezt meg is indokolja: " Jó lesz, mert ha az egész egyensúlyban van, akkor ez is / 1-es kar /egyensúlyban van ! "
- Gondolataiban a feladat feltételeit és korábban szerzett ismereteit vetette össze,és így jutott, juthatott a helyes következtetésre.
- Felírja az 1-es karra a nyomatéki egyenletet, s meghatározza az F_r erőt. Ekkor még nem tisztázta azt, hogy a rugóerő két komponensből áll.
- Rögzíti az új ismeretet: " Tehát, hogy egyensúlyban maradjon ez az 1-es kar, ehhez 20 pond rugóerő kell."
- Ezután egyértelműen kitűnik beszédéből, hogy már itt belátta, hogy az általa meghatározott rugóerő csak az 1-es kar egyensúlyához szükséges: " Most megvan a rugóerő, az 1-es karra."
- A számszerű meghatározás utáni állítása juttatta el a helyes megállapításhoz, de mint később kiderült, ezt a megállapítást még nem tudatosította krisztálytiszta. Sejtí, hogy az általa meghatározott rugóerő még "nem elég".
- Ez akkor tudatosul nála, amikor áttér a 2-es kar vizsgálatára.
- "Akkor most vehetjük a 2-es kart...a G_2 pontjába / G_2 sulyerő támadáspontjába / vesszük a forgáspontot..., akkor meghatározhatjuk a G_{3y} -t, ...mert a 2-es karnak is egyensúlyban kell lennie, ...ebből ki tudjuk számolni a G_{3y} -t, tehát az y irányu összetevőjét a G_3 -nak."
- Gondolkodik, s rájön, hogy a rugóerővel valami probléma van.
- "Mire gondolsz ? "
- "Hát, hogy a rugóerőnek nem biztos, hogy ennyinek kell lennie...Szóval, hogy a G_1 erőt egyensúlyozza, ahhoz

kell 20 pond erő, viszont itt van a G_2 súly is, sőt a G_{3y} is, tehát nem biztos, hogy ugyanannyi rugóerő kell..., hanem ennél nagyobb lesz a rugóerő."

- Rövid gondolkodás után tisztán megfogalmazza a rugó feladatát: "A rugóerő ellensúlyozza ezeknek az erőknek / G_1 , G_2 / a mozgatóhatását, tehát hogy egyensúly legyen."
- Ezután már könnyen felírja a 2-es karra a nyomatéki egyenletet: "Felírhatjuk a C pontra a nyomatékot, a G_3 / G_{3y} / kiesik az egyenletből. Most akkor felírom a C pontra a nyomatékot."
- A helyesen felírt nyomatéki egyenletből meghatározza az F_r -t. / Az F_r indexeit később írja fel ! /
- "Mind a két esetben 20 pond jött ki, szerintem ezeket össze kell adni."
- Felírja az indexeket, s meghatározza az F_r értékét.
- Szóban elmondja a hiányzó adatok meghatározásainak módjait.

1. compound. Telli Atina

$$(1) 100 + 1000 = 1100$$

$$(2) 100 + 1000 = 1100$$

$$(3) 100 + 1000 = 1100$$

$$(4) 2450 = 1200 + 1250 + 40$$

$$(5) 2450 = 10200 + 4200 \cdot x$$

$$(6) G_1 \cdot 16 = F_1 \cdot 40$$

$$(7) F_1 = \frac{50 \cdot 164}{40} = 205$$

$$F = x \cdot 16 \Rightarrow x = \frac{F}{16} = \frac{205}{16} = \frac{2}{3}$$

$$(8) 100 + 1000 = 1100$$

$$(9) G_{10} = \frac{100 + 150}{45} = 40$$

$$(10) G_{10} =$$

1. In part.

$$M_A = G_1 \cdot 16 - F_r \cdot 40 + G_2 \cdot 55 \quad T_{cy} \cdot 85$$

Left
Pin

$$F_r = \frac{G_1 \cdot 16 + G_2 \cdot 55 - F_r \cdot 40}{\sin \alpha \cdot \frac{F_{cy}}{F_c} \cdot 85}$$

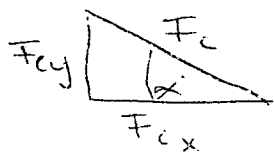
14 16 16

$$M_A = G_1 \cdot 16 - F_r \cdot 40 = 0$$

$$F_r = \frac{G_1 \cdot 16}{40} = \frac{50 \cdot 16}{40} = 20 \text{ p}$$

Σ_c

$$F_{cy} = \frac{50 \cdot 16 + 30 \cdot 55 - 20 \cdot 40}{85} = \frac{800 + 1650 + 800}{85} = 19,7$$



$$\sin x = \frac{F_{cy}}{F_c} = \frac{19,7}{120} = 0,164$$

$$x = 9^\circ 25'$$

$$M_c = G_2 \cdot 80 - F_r \cdot 45$$

$$M_D = G_1 \cdot 24 - F_{Ay} \cdot 16$$

$$F_{Ay} = \frac{G_1 \cdot 24}{16} = \frac{1200}{16} = 75$$

$$M_c = G_2 \cdot 80 - F_r \cdot 45 + G_1 \cdot 60 - F_{Ay} \cdot 45 = 0$$

$$30 \cdot 80 - 20 \cdot 45 + 50 \cdot 60 - 75 \cdot 45 = 0$$

$$2400 - 900 + 3000 - 3375 = 0$$

$$M_A = G_1 \cdot 16 - G_2 \cdot x / 40$$

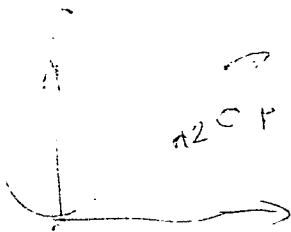
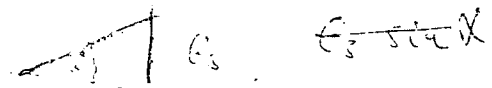
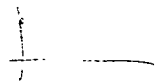
1. Grup. it

Löhi, Jouni
1976. 12. 15.

$$F_r = G_2 \cdot x$$

$$M_A = 16 \cdot G_1 + G_2 \cdot 55 - G_3 \cdot 85$$

$$M_B = -15 G_2 + G_3 \cdot 45$$



$$G = -15 \cdot G_2 + G_3 \cdot 45$$

$$G_{3y} = \frac{15 \cdot G_2}{45} = \frac{15 \cdot 30}{45} = 10 \text{ p}$$

$$M_A = 50 \cdot 16 - F_r \cdot 40 + 55 \cdot 30 - 10 \cdot 85$$

$$F_r \cdot 40 = 50 \cdot 16 - F_r \cdot 40 + 55 \cdot 30 - 10 \cdot 85$$

$$F_r = \frac{50 \cdot 16 + 55 \cdot 30 - 10 \cdot 85}{40} = \frac{800 + 1650 - 850}{40}$$

$$= \frac{2300 - 850}{40} = \frac{1450}{40} = 36.25 \text{ p}$$

A report: 11. 16.

Reddy's little's 11. 16

$$M_a = -G_1 \cdot 16 + F_r (24 + 16) - G_2 \cdot (24 + 16 + 45) + G_3 \sin \alpha \cdot (24 + 16)$$

$$M_a = -G_1 \cdot 16 + F_r \cdot 40$$

$$G_1 \cdot 16 = F_r \cdot 40$$

$$F_{r1} = \frac{G_1 \cdot 16}{40} = \frac{50 \mu \cdot 16}{40} = 20 \mu$$

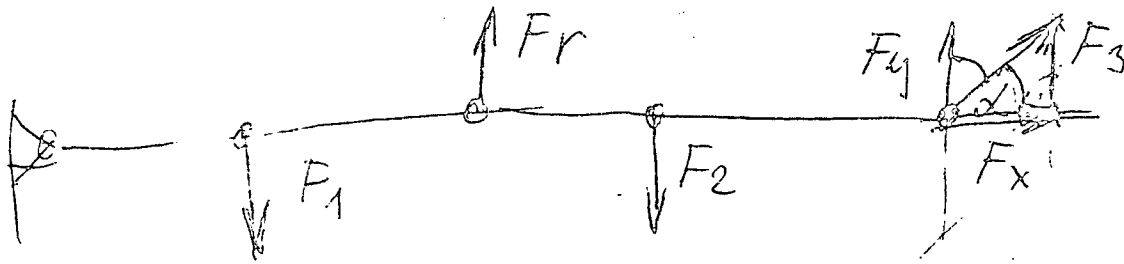
$$M_c = G_2 \cdot 30 - F_r \cdot 45$$

$$G_2 \cdot 30 = F_r \cdot 45$$

$$F_{r2} = \frac{G_2 \cdot 30}{45} = \frac{30 \cdot 5 \mu}{45} = 20 \mu$$

$$F_r = F_{r1} + F_{r2} = 40 \mu$$

1976. XII. 17.



$$F_1 = 50 \text{ p}$$

$$F_2 = 30 \text{ p}$$

$$F_3 = 120 \text{ p}$$

$$\sin \alpha = \frac{F_y}{F_3}$$

$$F_y = F_3 \cdot \sin \alpha = 120 \text{ p}$$

$$M_A = F_1 \cdot 16 + F_2 \cdot 55 - F_R \cdot 40 - F_y \cdot 85$$

$$\cos \alpha = \frac{F_x}{F_3}$$

$$F_x = \cos \alpha \cdot F_3$$

$$F_3 = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

$$F_y = F_3 \cdot \sin \alpha$$

$$F_x = F_3 \cdot \cos \alpha$$

$$F_3 = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

$$M_A = F_1 \cdot 16 - 40 \cdot F_R = 0$$

$$40 F_R = 50 \text{ p} \cdot 16$$

$$F_R = \frac{50 \cdot 16}{40} = 20 \text{ p}$$

$$F_R = c_r \cdot x$$

$$x = \frac{F_R}{c_r} = \frac{20 \text{ p}}{30 \text{ p/mm}} = \frac{2}{3} \text{ mm} \approx 0,666 \text{ mm}$$

$$M_B = 30 \cdot 15 - F_y \cdot 45$$

$$F_y = \frac{30 \cdot 15}{45} = 10 \text{ p}$$

$$M_L = +F_{R1} \cdot 30 = F_{R2} \cdot 45$$

$$F_{R2} = \frac{20 \cdot 30}{45} = 20 \text{ p}$$

$$F_R = F_{R1} + F_{R2} = 20 + 20 = \underline{\underline{40 \text{ p}}}$$

3 pont.

2. csoport. Harsányi József

1976. XII. 17.

$$G_2 \cdot 15 + \frac{G_3}{\sin \alpha} \cdot 45 = 0$$

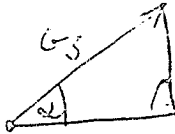
$G_3 \nearrow$
ad. \downarrow

$$\sin \alpha = \frac{G_3}{F}$$

$$F = \frac{G_3}{\sin \alpha}$$

$$G_2 \cdot 15 + G_3 \cdot \sin \alpha \cdot 45 = 0$$

(5)



$$G_{3y} \cdot \sin \alpha = \frac{G_3 \cdot \sin \alpha}{\sin \alpha}$$

$$G_2 \cdot 15 = G_3 \cdot \sin \alpha \cdot 45$$

$$G_{3y} = G_3 \cdot \sin \alpha$$

$$\sin \alpha = \frac{G_2 \cdot 15}{45 \cdot G_3}$$

$$(5) \quad C = G_1 \cdot 16 + C_r \cdot X \cdot 40 + G_2 \cdot 55 - G_{3y} \cdot 25$$

$$\frac{G_{3y} \cdot 25 - C_1 \cdot 16 - G_2 \cdot 55}{C_r \cdot X} = X$$

$$F_r =$$

$$(6) \quad F_r = C_r \cdot X$$

L. Lopez A.

Katana Academy
1941. 11. 17

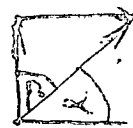
$$G_1 \cdot 16 = F_{r1} \cdot 40$$

$$F_{r1} = \frac{G_1 \cdot 16}{40} = \frac{50p \cdot 16}{40} = \underline{\underline{20p}}$$

$$G_2 \cdot 15 = F_{cy} \cdot 45$$

$$F_{cy} = \frac{G_2 \cdot 15}{45} = \frac{30p \cdot 15}{45} = 10p$$

$$\cos \beta = \frac{F_{cy}}{G_3} = \frac{10p}{20p} =$$



$$\beta = 85,2^\circ$$

$$\alpha = 90^\circ - 85,2^\circ = \underline{\underline{4,8^\circ}}$$

$$G_2 \cdot 30 = F_{r2} \cdot 45$$

$$F_{r2} = \frac{G_2 \cdot 30}{45} = \frac{30 \cdot 2}{3} = \underline{\underline{20p}}$$

$$F_r = 40p$$

$$F_r = C_r \cdot x$$

2. isopost.

Meunier-3^e ed.
p. 18.

